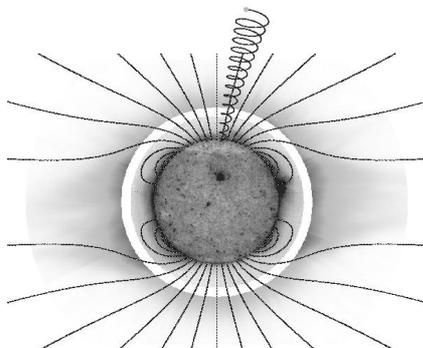


*МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ*



**СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ  
И КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ  
ПОСЛЕ СМЕНЫ ЗНАКА  
ПОЛЯРНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ СОЛНЦА**

*ПРОГРАММА И ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ*



**ГАО РАН, Пулково, Санкт-Петербург**

**17 — 22 июня 2002 года**

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
ГЛАВНАЯ АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ РАН  
РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
АСТРОНОМИЧЕСКОЕ ОБЩЕСТВО

**СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ  
И КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ  
ПОСЛЕ СМЕНЫ ЗНАКА  
ПОЛЯРНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ СОЛНЦА**

*МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ*

17 — 22 июня 2002 года

Санкт-Петербург  
2002

Сборник содержит тезисы докладов, представленных на международную конференцию “Солнечная активность и космические лучи после смены знака полярного магнитного поля Солнца” (17 – 22 июня 2002 года, ГАО РАН, Санкт-Петербург). фундаментальных исследований, Главной (Пулковской) астрономической обсерватории РАН, Астрономического общества. В конференции принимают участие ученые Российской Федерации, Бельгии, Казахстана, США, Украины, Финляндии, Японии.

*Оргкомитет конференции:*

*Сопредседатели:* В. И. Макаров (ГАО РАН), В. Н. Обридко (ИЗМИРАН)

*Члены оргкомитета:* А. В. Белов (ИЗМИРАН), И. С. Веселовский (НИ-ЯФ МГУ), А. В. Дергачев (ФТИ РАН), Д. К. Callebaut (Бельгия), И. С. Ким (ГАИШ), Л. Л. Кичатинов (ИСЗФ), N. Crosby (UK), A. Riehoakainen (Финляндия), А. В. Степанов (ГАО РАН), Ю. И. Стожков (ФИАН).

*Местный оргкомитет:*

*Председатель:* А. В. Степанов.

*Зам. председателя:* В. И. Макаров, Ю. А. Наговицын.

*Члены оргкомитета:* Р. Н. Ихсанов, В. Г. Иванов, М. А. Кузнецова, М. В. Кушнир, Е. В. Милецкий, В. И. Постников, Л. М. Правдюк, К. С. Тавастерна.

*Редакционная коллегия:* В. Г. Иванов, В. И. Макаров, Е. В. Милецкий, Е. Л. Терехина.

**ISSN 0552–5829**

© Главная астрономическая обсерватория РАН, 2002 год.

## ПРОГРАММА КОНФЕРЕНЦИИ

### 16 июня (Воскресение)

17.00–20.00 Регистрация (Гостиница ГАО РАН)

### 17 июня (Понедельник)

9.00–9.45 Регистрация участников (Западный корпус ГАО РАН)

9.45–10.00 Приветствия

## I. НИЗКОШИРОТНАЯ АКТИВНОСТЬ СОЛНЦА

Председатель *А. В. Степанов*

10.00–10.30 *И. С. Веселовский, О. Панасенко.* Об энергетике солнечных циклов

10.30–11.00 *А. Г. Тлатов.* Вариации вращения Солнца в период 1907–1990 гг.

11.00–11.15 *G. B. Gelfreikh, V. I. Makarov, A. G. Tlatov, A. Riehoainen, K. Shibasaki.* A study of development of global solar activity in 23-rd solar cycle based on radio observations with the Nobeyama radio heliograph

11.15–11.30 *И. Г. Усочкин, К. Mursula, Г. А. Ковальцов.* Потерянный солнечный цикл

11.30–12.00 *Перерыв*

12.00–12.30 *В. Н. Ишков.* Развитие и особенности текущего 23 цикла солнечной активности

12.30–13.00 *О. Г. Бадалян, В. Н. Обриджо, Я. Рыбак, Ю. Сикора.* Квазидвухлетние вариации в  $N - S$  асимметрии солнечной активности

13.00–13.15 *Е. В. Иванов.* Спектральный анализ циклических вариаций суммированных за месяц и среднемесячных значений площадей солнечных пятен

13.15–13.30 *Х. И. Абдусаматов.* О вариациях радиуса и светимости Солнца

13.30–13.45 *Л. А. Плюснина, А. В. Мордвинов.* Северо-южная асимметрия солнечной активности и потоки протонов

13.45–14.00 *Е. С. Вернова, К. Мурсула, М. И. Тясто, Д. Г. Баранов.* Северо-южная асимметрия в долготном распределении солнечной активности

14.00–15.00 *Обед*

## II. ПОЛЯРНАЯ АКТИВНОСТЬ СОЛНЦА И СМЕНА ЗНАКА МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Председатель *В. Н. Обриджо*

15.00–15.30 *V. I. Makarov, A. G. Tlatov, K. R. Sivaraman.* Duration of polar activity cycles and their relation to sunspot activity

15.30–15.45 *V. I. Kozlov, V. V. Kozlov, V. V. Markov.* “Polarity reversal wave” of the general magnetic field of the Sun in the cosmic ray scintillation index

15.45–16.00 *Р. Н. Ихсанов, В. Г. Иванов.* Эволюция и смена знака полярности крупномасштабного магнитного поля на разных долготах Солнца

16.00–16.15 *В. И. Макаров, А. Г. Тлатов.* Полярная и низкоширотная активность солнца в период с 1907 по 1990 год по данным наблюдений в линии К САII

16.15–16.30 *И. А. Биленко.* Изменения структуры фотосферных магнитных полей и смена знака магнитного поля Солнца

16.30–17.00 *Перерыв*

17.00–17.15 *В. И. Макаров, Б. П. Филиппов.* Об уменьшении высоты полярного кольца протуберанцев в период смены знака магнитного поля Солнца

17.15–17.30 *A. Riehoakainen, S. Pohjolainen, E. Valtaoja, S. Uzzo.* Relations between the radio enhanced temperature regions and coinciding with them CaII (k3), H(alpha) and SOHO/MDI areas

17.30–17.45 *Г. Б. Гельфрейх, В. И. Макаров, А. Г. Тлатов.* Анализ глобальной активности Солнца вблизи максимума 23-го цикла по данным радионаблюдений

17.45–18.00 *В. И. Макаров, В. В. Макарова .* Особенности активности 23-го полярного цикла Солнца

18.00–19.00 *Дискуссия*

18 июня (Вторник)

III. ФОНОВЫЕ (КРУПНОМАСШТАБНЫЕ) МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ И  
АКТИВНЫЕ ДОЛГОТЫ

Председатель *В. И. Макаров*

- 9.30–10.00 *В. Н. Обриджо, Б. Д. Шельтинг*. Меридиональный дрейф крупномасштабных магнитных полей на Солнце
- 10.00–10.30 *А. Г. Тлатов, В. И. Макаров*. О формировании зональной структуры крупномасштабного магнитного поля Солнца
- 10.30–10.45 *Д. И. Полявин*. Квазимонопольное поведение магнитного поля Солнца видимого как звезда
- 10.45–11.00 *В. Н. Ишков*. К вопросу об истинных физических границах в магнитных структурах на Солнце
- 11.00–11.15 *В. В. Васильева*. Мелкомасштабная структура активных долгот
- 11.15–11.30 *В. В. Васильева, А. Г. Тлатов*. Изменение периодов вращения секторной структуры ММП
- 11.30–12.00 *Перерыв*
- 12.00–12.30 *А. В. Мордвинов, Л. Л. Кичатинов*. Активные долготы и северо-южная асимметрия активности Солнца как проявления реликтового магнитного поля
- 12.30–13.00 *Е. В. Милецкий, В. Г. Иванов*. Реконструкция основных характеристик крупномасштабного магнитного поля Солнца в 20-м веке
- 13.00–13.15 *А. Г. Тлатов, А. Д. Шрамко*. Поляризация радиоизлучения и фоновые магнитные поля в период 1992–2002 гг.
- 13.15–13.30 *А. Г. Тлатов*. Движения мелкомасштабных элементов фотосферы Солнца по данным MDI
- 13.30–13.45 *В. В. Касинский*. Вектор “анизотропии вспышек” как индикатор перестройки глобального магнитного поля на фазе максимума и минимума 24-го цикла Солнца
- 13.45–14.00 *В. В. Касинский*. Вариации параметров энергетического спектра вспышек на Солнце в 21-23-циклах и глобальная перестройка магнитных полей

14.00–15.00 *Обед*

#### IV. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

Председатель *И. С. Веселовский*

15.00–15.30 *Л. Л. Кичатинов*. Куда бегут динамо-волны

15.30–16.00 *Ю. В. Вандакуров*. Принцип минимальной диссипации и строение солнечной конвективной зоны

16.00–16.30 *К. М. Кузаян*. Наблюдательные признаки пространственной структуры альфа-эффекта в солнечной конвективной зоне

16.30–17.00 *Н. С. Джалилов, В. Н. Ораевский*. Неустойчивые колебания дифференциально вращающегося Солнца

17.00–17.30 *Перерыв*

17.30–19.00 *Дискуссия*

#### 19 июня (Среда)

#### V. КОСМИЧЕСКИЕ ЛУЧИ ПОСЛЕ СМЕНЫ ЗНАКА МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Председатель *Г. Б. Гельфрейх*

9.30–10.00 *Ю. И. Стожков, Н. С. Свиржевский*. Космические лучи и солнечная активность (долговременные модуляционные эффекты)

10.00–10.30 *E. V. Vashenyuk, B. B. Gvozdevsky, A. V. Belov, V. G. Yanke, E. A. Eroshenko*. Peculiarities of relativistic solar proton events during the 23rd solar activity cycle

10.30–10.45 *W. R. Webber, M. B. Krainev*. On the radial dependence of the 11- and 22-year variations in the galactic cosmic ray intensity

10.45–11.00 *И. В. Гецелев, В. П. Охлопков, Е. А. Чучков*. Солнечные протонные события после смены знака магнитного поля

11.00–11.30 *Перерыв*

11.30–11.45 *Р. Н. Иханов, Е. В. Милецкий.* Вариации потока солнечных нейтрино и солнечная активность

11.45–12.00 *М. В. Крайнев, Г. А. Базилевская.* On the Gnevyshev gap in the galactic cosmic ray 11-year modulation

12.00–11.15 *М. В. Крайнев, Г. А. Базилевская.* On the interaction of the cosmic rays with the coronal magnetic fields of the Sun

12.15–12.30 *И. В. Кудрявцев, Г. Е. Кочаров, М. Г. Огурцов, Х. Юнгнер.* О долговременной модуляции ГКЛ в гелиосфере на основе данных по содержанию космогенных изотопов в природных архивах

12.30–13.00 *Дискуссия*

13.00–14.00 *Обед*

14.00–19.00 *Свободное время*

19.00– ... *Банкет*

## 20 июня (Четверг)

### VI. КОРОНА И ПРОТУБЕРАНЦЫ В ЦИКЛЕ АКТИВНОСТИ СОЛНЦА

Председатель *Л. Л. Кичатинов*

9.30–10.00 *Е. Е. Беневоленская.* Импульсы корональной активности

10.00–10.30 *О. Г. Бадалян, В. Н. Обриджо.* Моделирование связи оптического сжатия короны с характеристиками крупномасштабного магнитного поля Солнца

10.30–10.45 *Р. Н. Иханов, В. Г. Иванов.* Циклическая эволюция зеленой короны в линии Fe XIV 5303

10.45–11.00 *Ким Гун-Дер, А. Г. Тлатов .* Сравнительный анализ свойств протуберанцев в оптическом и радиодиапазонах в период с 1992 по 2002 год

11.00–11.30 *Перерыв*

11.30–11.45 *В. В. Попов, О. И. Бугаенко, И. С. Ким, И. Л. Струля.* О возможности мониторинга магнитных полей спокойных протуберанцев

11.45–12.00 *И. В. Алексеева, И. С. Ким, Д. А. Селезнев.* О магнитных полях спокойных протуберанцев 11 августа 1999 г.

12.00–12.15 *А. Г. Тлатов, В. И. Макаров.* Особенности распределения плотности короны по данным коронографа Mark-3

12.15–12.30 *К. С. Тавастшерна, А. Г. Тлатов.* Сравнительный анализ свойств корональных дыр

12.30–12.45 *С. С. Гусева, М. П. Фатъянов.* Морфология корональных лучей на спаде активности (SOHO/LASCO, 2002 год)

12.45–13.00 *Дискуссия*

13.00–14.00 *Обед*

## VII. ВСПЫШКИ И РАДИОИЗЛУЧЕНИЕ АКТИВНЫХ ОБЛАСТЕЙ

Председатель *Е. В. Иванов*

14.00–14.30 *И. М. Подгорный, А. И. Подгорный.* Электродинамическая модель вспышки и генерация коронального выброса массы

14.30–14.45 *А. И. Подгорный.* О возможности прогноза вспышки на основании магнитных измерений в активной области

14.45–15.00 *И. М. Лившиц, М. А. Лившиц.* Рентгеновские вспышки на поздних субгигантах и на Солнце как результат эволюции крупномасштабных магнитных полей

15.00–15.30 *Т. Б. Гольдварг, Г. Б. Гельфрейх, Ю. Г. Копылова, Ю. А. Наговицын, Ю. Т. Цап, Л. И. Цветков, Ю. Ф. Юровский.* О вариациях микроволнового и дециметрового излучения в активных областях солнечной атмосферы

15.30–15.45 *Е. В. Милецкий, П. Б. Дмитриев.* Взаимосвязи вариаций потока мягкого рентгеновского излучения Солнца и вспышечной активности

15.45–16.00 *Г. А. Порфирьева, Г. В. Якунина.* Движения плазмы в солнечных вспышках по спектральным наблюдениям в рентгеновском диапазоне длин волн

16.00–16.30 *Перерыв*

16.30–16.45 *В. М. Богод, С. Х. Тохчукова.* Анализ поляризационного излучения мощных вспышечно-продуктивных активных областей в 2001 г.

- 16.45–17.00 *Р. Н. Иксанов, Ю. В. Марушин.* Особенности развития двух вспышечно-активных групп солнечных пятен с  $\delta$ -конфигурациями типа I
- 17.00–17.15 *А. Р. Осокин, М. А. Лившиц, В. А. Чернетский.* О взаимосвязи явлений различных масштабов в солнечных вспышках
- 17.15–17.30 *Т. Б. Гольдварг, Ю. А. Наговицын, А. А. Соловьев.* Периодические режимы энерговыделения активных областей Солнца
- 17.30–17.45 *В. И. Ефремов, Р. Н. Иксанов, Л. Д. Парфиненко.* Колебания магнитного поля в тени солнечного пятна в диапазоне десятков минут
- 17.45–18.00 *В. И. Жуков.* Колебания в тени солнечных пятен
- 18.00–19.00 *Дискуссия*

## 21 июня (Пятница)

### VIII. МЕЖПЛАНЕТНОЕ МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

Председатель *И. М. Подгорный*

- 9.30–10.00 *А. В. Мордвинов, Л. А. Плюснина.* Крупномасштабная структура гелиосферы и потоки протонов
- 10.00–10.15 *Т. Е. Вальчук, Э. И. Могилевский, В. И. Одинцов.* Фрактальная структура солнечного ветра в минимуме (1996 г.) и максимуме (2000 г., 2002 г.) 23 солнечного цикла.
- 10.15–10.30 *V. I. Makarov, A. G. Tlatov, D. C. Callebaut.* Polar faculae and sunspot cycles concerning secular variation of polar magnetic flux
- 10.30–10.45 *С. А. Гриб.* Особенности поведения крупномасштабных ударных волн в анизотропной гелиосферной плазме
- 10.45–11.00 *В. А. Антонов, А. С. Баранов, Ю. Н. Гнедин.* Движение частицы вещества внутри Солнечной системы с учетом планетных возмущений и светового поля
- 11.00–11.15 *Ю. А. Наговицын.* О связи АА-индекса с индексами солнечной активности
- 11.15–11.30 *В. Г. Иванов, Е. В. Милецкий.* Представление индексов солнечной активности и космической погоды с помощью мод крупномасштабного магнитного поля Солнца

11.30–12.00 *Перерыв*

## IX. СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ И КЛИМАТ

Председатель *Ю .И. Стожков*

12.00–12.30 *Ю. А. Наговицын*. Об “Истории” солнечной активности на большой временной шкале

12.30–12.45 *М. Г. Огурцов, Г. Е. Кочаров, Х. Юнгнер, М. Линдхольм, М. Эрроне, Ю. А. Наговицын*. Солнечная активность, космические лучи и вековые колебания климата

12.45–13.00 *Т. Е. Вальчук, Н. К. Кононова, И. В. Мальнева, М. М. Чернавская*. Солнечная активность, циркуляция атмосферы и проявления опасных природных процессов — селей и оползней

13.00–13.15 *В. А. Дергачев*. Солнечная активность и климат: ~200-летний цикл

13.15–12.30 *Ф. И. Зуевич, Е. В. Милецкий, Ю. А. Наговицын, И. В. Шкрабо, А. В. Лазарев, Л. А. Воронин*. Закономерности вариаций плотности потока радона и солнечная активность

13.30–13.45 *А. Л. Морозова, Е. В. Денисов, С. Н. Архипов, М. И. Пудовкин*. Вариации высотных профилей температуры атмосферного давления и скорости ветра, наблюдаемые на высокоширотных станциях во время Форбуш-понижений потоков ГКЛ

13.45–14.00 *Е. И. Давыдова, В. В. Давыдов*. Вековой цикл активности Солнца и проблема глобального потепления

14.00–15.00 *Обед*

## X. МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ НАБЛЮДЕНИЙ

Председатель *М. Б. Крайнев*

15.00–15.15 *Н. Г. Макаренко, Л. М. Каримова, С. А. Ким*. Как обнаружить взаимосвязь двух динамических систем по временным рядам

15.15–15.30 *Е. В. Куандыков, Н. Г. Макаренко, В. А. Дергачев*. Улучшение регулярности временных рядов с помощью генетического алгоритма

- 15.30–15.45 *Ю. А. Наговицын, К. Г. Иванова.* Метод кратномасштабных регрессий и модель среднегодовых чисел Вольфа с начала XVI века
- 15.45–16.00 *К. В. Парчевский.* Определение аппаратной функции по наблюдениям спокойного края солнечного диска
- 16.00–16.15 *Х. И. Абдусаматов, И. Н. Сивяков.* Измерение радиуса изображения Солнца на разных гелиоширотах
- 16.15–16.30 *Е. В. Милецкий, Ю. А. Наговицын, И. Бембева, Т. Федорова.* Новый индекс магнитных полей солнечных пятен
- 16.30–17.00 *Перерыв*
- 17.00–17.15 *М. Г. Огурцов, Г. Е. Кочаров, Х. Юнгнер, М. Линдхольм, М. Эррени, Ю. А. Наговицын.* О возможной связи вековых вариаций климата Северной Фенноскандии с соответствующими колебаниями химического состава верхней атмосферы
- 17.15–17.30 *Ю. А. Наговицын, Е. Ю. Наговицына, О. В. Окунев, Л. М. Правдюк.* О некоторых новых свойствах флуктуаций яркости солнечной фотосферы
- 17.30–17.45 *Э. В. Кандрашов, В. Г. Никифоров.* Карты населенности уровня  $2^3s$  He I  $\lambda = 10830$  Å в хромосфере Солнца
- 17.45–18.00 *Е. С. Кулагин, В. В. Куприянов.* Крупномасштабные структуры повышенной яркости на диске Солнца в ядре линии HeI 10830 Å по наблюдениям с узкополосным фильтром
- 18.00–18.15 *Г. И. Кушталъ, В. И. Скоморовский.* Создание интерференционно-поляризационных фильтров (ИПФ) с экстремальными характеристиками и двумерные измерения доплеровских скоростей в солнечной атмосфере
- 18.15–19.00 Подведение итогов конференции.

## ПОСТЕРЫ

- М. В. Еселевич, В. Г. Еселевич.* Исследование нерадиальности лучей пояса и цепочек стримеров в короне Солнца.
- М. В. Еселевич, В. Г. Еселевич.* Общие характеристики “CMEs” и “BLOBs”: новый взгляд на их возможную природу
- В. А. Котов.* Почему магнитное поле Солнца — преимущественно S-полярности?

*В. А. Котов.* Снова о солнечных источниках межпланетного магнитного поля

*В. А. Котов, С. В. Котов.* Магнитный стандарт Солнце, и о “сцеплении” фотонов тоже

*У. М. Лейко.* Магнитное поле Солнца как звезды: вариации модуля и знака

*Н. И. Лозицкая.* Влияние солнечных магнитных полей на геомагнитное поле и климат

*М. Н. Стоянова.* Устойчивость структур, образуемых яркими мелкомасштабными элементами в приполярных зонах

*В. Г. Файнштейн, С. В. Граблевский.* Некоторые динамические свойства корональных выбросов массы

*В. Г. Файнштейн, Г. В. Руденко, А. В. Хотимович, А. А. Манюшенко.* Некоторые свойства солнечных магнитных полей по данным NSO/KP и расчетам

## О вариациях радиуса и светимости Солнца

*Х. И. Абдусаматов*

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

Вариации радиуса, активности и светимости Солнца в цикле имеют взаимосвязанный и скоординированный идентичный ход изменения как по фазе, так и по амплитуде. Это в целом относится и к периоду минимума Маундера [1, 2]. 11-летняя цикличность вариации солнечной светимости является, на наш взгляд, результатом соответствующей вариации, главным образом, его радиуса. Если 11-летняя цикличность вариации светимости Солнца ( $\Delta S$ ) всецело определяется только соответствующим колебанием его радиуса ( $\Delta R_{\odot}$ ) с таким же периодом (при неизменности эффективной температуры поверхности фотосферы), то вариация светимости Солнца  $\Delta S/S = 2\Delta R_{\odot}/R_{\odot}$ . В таком случае наблюдаемую вариацию  $\Delta S/S = 10^{-3}$  светимости Солнца в течение всего цикла его активности полностью обеспечить колебание его углового радиуса с амплитудой в пределах  $\Delta R_{\odot} < 0.5''$ , что ненамного отличается от результатов его измерений в течение последних 15 лет —  $R_{\odot} < 0.7''$  и в течение последних пяти лет — около  $0.3''$  [3]. Если эти принципы оценки вариации радиуса по известным величинам изменения солнечной “постоянной” применить для периода минимума Маундера, когда Солнце по оценкам [2] имело меньшую относительную интегральную светимость ( $\Delta S/S = 2.4 \cdot 10^{-3}$ ), то соответствующая амплитуда вариации радиуса для этого периода должна была быть в пределах  $\Delta R_{\odot} < 1.2''$ .

Таким образом, наблюдаемое в течение цикла идентичное со светимостью и активностью колебание радиуса Солнца, вызванное, по-видимому, небольшим циклическим изменением температуры в его недрах, может играть определяющую роль в наблюдаемую вариацию его светимости. Скоррелированные вариации активности, радиуса и светимости в течение цикла, на наш взгляд, скоординированы глобальной вариацией всего Солнца, обусловленная вариациями основного источника энергии — изменениями состояния и осцилляцией ядра с аналогичным квазипериодом.

- [1] Lean J. L., Beer J., Bradley R. S. // *Geophys. Res. Lett.*, 1998, V. 22, P. 3195.
- [2] Lean J. L. // *Space Science Reviews*, 2000, V. 94, P. 39.
- [3] Rozelot J. P. // *Solar Phys.*, 1998, V. 177, P. 321.

## **Измерение радиуса изображения Солнца на разных гелиоширотах**

***Х. И. Абдусаматов, И. Н. Сивяков***

*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,  
С.-Петербург; abduss@gao.spb.ru*

Разработан метод автоматизированного определения радиуса солнечного диска на различных гелиоширотах по его цифровому изображению. Метод основан на усреднении сигнала вдоль солнечного лимба. Полученное таким образом усредненное радиальное сечение изображения солнечного лимба дифференцируется, сглаживается путем пространственно-частотной фильтрации и для сглаженной кривой находится максимум, соответствующий наибольшему градиенту радиальной яркости изображения солнечного лимба. Интерполяция значений яркости позволила уточнить форму радиального сечения изображения солнечного лимба. Эта точка принимается за край солнечного лимба и расстояние между ней и центром диска, определяемого как центр тяжести края изображения, рассматривается, как оценка радиуса изображения Солнца. В качестве первого приближения для измерения радиуса Солнца на разных гелиоширотах его изображение разбивается на сектора с усреднением сигнала вдоль лимба каждого сектора. На основе разработанного метода создан программный продукт и произведено его тестирование на трех реальных цифровых изображениях солнечного диска. При разбиении изображения на 8 секторов достигнута устойчивая работа алгоритма вплоть до 1/50 шага дискретизации исходного изображения, хотя точность полученных результатов оценивается нами пока в 1/20 шага дискретизации. При измерении усредненного по всему изображению радиуса Солнца точность получается выше.

Продолжается работа по повышению точности метода.

## **Движение частицы вещества внутри Солнечной системы с учетом планетных возмущений и светового поля**

***В. А. Антонов, А. С. Баранов, Ю. Н. Гнедин***

*Главная астрономическая обсерватория РАН, С.-Петербург;*

Оцениваются совместные последствия эффекта Пойнтинга-Робертсона и гравитационного возмущения от планеты, движущейся по круговой орбите. Уравнения движения приводятся к форме с “псевдопотенциалом”

гравитационных сил, силы лучистого давления и Пойнтинга-Робертсона. В зависимости от параметров планеты и самой частицы возможен либо захват частицы планетой, либо прогрессирующее ускорение ее движения и, соответственно, проход через зону действия планеты во внутреннюю область Солнечной системы. Дан количественный признак разграничения этих двух случаев.

### **Квазидвухлетние вариации в $N - S$ асимметрии солнечной активности**

*О. Г. Бадалян<sup>1</sup>, В. Н. Обриджо<sup>1</sup>, Я. Рыбак<sup>2</sup>, Ю. Сикора<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> ИЗМИРАН, г. Троицк, Московской обл., Россия;

*E-mail: badalyansolter.izmiran.troitsk.ru, E-mail: solterizmiran.troitsk.ru*

<sup>2</sup> Астрономический институт Словацкой академии наук,

Татранска Ломница, Словакия; *E-mail: chocta3.sk,*

*E-mail: sykogaauriga.ta3.sk*

Временные изменения  $N - S$  асимметрии солнечной активности изучаются по данным об интенсивности зеленой корональной линии, числе и суммарной площади солнечных пятен за период 1943–1999 гг., а также по данным NSO/KP о полном магнитном потоке с 1975 г. Обнаружено, что характерные изменения во временном ходе индекса асимметрии  $A = (N - S)/(N + S)$  сходны во всех рассматриваемых характеристиках солнечной активности. Наиболее высокая коррелированность величин  $A$  соответствует широте 20–30 градусов. Детально рассмотрены квазидвухлетние вариации (КДВ) индекса  $A$ , проведены спектрально-временной и вейвлет-анализ(ы). Обнаружено уменьшение амплитуды квазидвухлетних вариаций в середине 60–х годов. Это уменьшение амплитуды КДВ совпадает по времени с длительным значительным увеличением индекса  $A$  в различных характеристиках солнечной активности.

### **Моделирование связи оптического сжатия короны с характеристиками крупномасштабного магнитного поля Солнца**

*О. Г. Бадалян, В. Н. Обриджо*

*ИЗМИРАН, г. Троицк, Московской обл., Россия;*

*E-mail: badalyansolter.izmiran.troitsk.ru, E-mail: solterizmiran.troitsk.ru*

В рамках концепции “плоской короны” рассмотрено изменение параметра ее сжатия с фазой цикла. В рамках этой концепции изолинии магнитного поля должны быть ортогональны изолиниям яркости оптической

короны. С учетом этого эффекта магнитное сжатие должно давать такую же кривую как и оптическое сжатие. Показано, что по данным о растворе гелиосферного токового слоя (tilt), действительно, можно получить кривую, сходную с кривой оптического сжатия короны. Расчеты, выполненные на простейших моделях (диполь, диполь+квадруполь) дают магнитное сжатие, близкое к наблюдаемым оптическим кривым. Обращается внимание на то, что в периоды максимума, в принципе, может наблюдаться корона с “отрицательным сжатием”, иначе говоря, вытянутая в полярном направлении.

### Импульсы корональной активности

*Е. Е. Беневоленская*<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> *Главная астрономическая обсерватория РАН, Санкт-Петербург;*

*E-mail: Elena.Benevolenskaya@pobox.spbu.ru*

<sup>2</sup> *Stanford University, Stanford, USA; E-mail: elena@quake.stanford.edu*

Магнитный цикл солнечной активности представляет собой достаточно сложное явление. Он состоит из двух последовательных 11-летних циклов и проявляется на всех уровнях Солнца. На уровне фотосферы он наблюдается в смене полярности биполярных групп пятен (закон Хейла) и в смене полярного магнитного поля. В короне и межпланетной среде, соответственно также, происходит изменение полярности магнитного поля. Более того, магнитный цикл представляет собой, по крайней мере, суперпозицию двух циклов: 22-летнего (низкочастотная компонента магнитного поля) и квазидвухлетнего (высокочастотная компонента). Высокочастотная компонента обуславливает наличие 3-кратных переполюсовок полярного магнитного поля и существование так называемых 1–1.5 летних импульсов солнечной активности (или согласно [2] ‘surges’). Впервые понятие об импульсах солнечной активности было предложено Гневышевым [1] и получило дальнейшее развитие в работах [3, 4]. Благодаря новым данным космических аппаратов SOHO и YONKON, оказалось возможным отожествить корональные импульсы солнечной активности в крайнем ультрафиолете и рентгене с долгоживущими гигантскими корональными структурами. Было обнаружено, что полярные корональные волны, видимые в осесимметричном распределении интенсивности излучения в крайнем ультрафиолете, представляют собой основание гигантских петель. Эти петли соединяют между собой высокоширотные области и последующие части в биполярных комплексах солнечной активности. Они играют важную роль

в изменении топологии магнитного поля и смены знака полярного магнитного поля Солнца.

- [1] Эйгенсон М. С., Гневывшев М. Н., Оль А. И., Рубашев Б. М., Солнечная активность и ее земные проявления, М.: Гостехиздат, 1948.
- [2] Wang Y.-M., Nash A. G., Sheeley N. R., Jr. Evolution of the sun's polar fields during sunspot cycle 21: poleward surges and long-term behavior, *Astrophys. J.*, 1989, v.347, p.529–539.
- [3] Benevolenskaya E. E., Kosovichev A. G., Scherrer P. H. Detection of high-latitude waves of solar coronal activity in extreme-ultraviolet data from the SOHO EUV imaging telescope, *Astrophys. J.*, 2001, v.554, p.L107–L110.
- [4] Benevolenskaya E. E., Kosovichev A. G., Lemen J. R., Scherrer P. H., Slater G. L. Large-scale solar coronal structures in soft X-rays and their relationship to the magnetic flux, *Astrophys. J.*, 2002, in press.

### **Изменения структуры фотосферных магнитных полей и смена знака магнитного поля Солнца**

***И. А. Биленко***

*Астрономический институт им.Штернберга, Москва, Россия;  
E-mail: belenko@sai.msu.ru*

Изучались пространственно временные изменения структуры фотосферных магнитных полей за период с 1976 по 2001 годы, включающий в себя три периода переполюсовок общего магнитного поля Солнца. Анализируются особенности процессов смены знака магнитного поля Солнца в 21, 22 и 23 циклах солнечной активности. В работе использованы данные ежедневных наблюдений магнитных полей Солнца обсерваторий Китт Пик, Стенфорд, Маунт Вилсон, а также ежедневные H-альфа данные Медонской обсерватории. С целью определения геометрической структуры магнитного поля Солнца был использован метод сферического гармонического анализа. Изменения структуры магнитного поля в ходе цикла солнечной активности выявляет ряд закономерностей, характерных для многих активных явлений. Динамика фоновых магнитных полей исследована по корональным дырам. В ходе цикла солнечной активности от минимума к максимуму напряженность магнитного поля Солнца на полюсах уменьшается и при достижении 0,7 максимального для данного цикла значения для данной полярности в соответствующей полусфере происходит переход

от зональной структуры распределения магнитных полей к секторной. Затем устанавливается единая секторная структура на всем диске Солнца, существующая на фазах роста, максимума и спада солнечной активности. В этих униполярных секторах происходит перераспределение магнитных полей с общим смещением к полюсам противоположной полярности, ведущее к смене знака магнитного поля Солнца. Распределения магнитных полей активных областей в ходе циклов солнечной активности демонстрируют другую тенденцию. В их пространственно-временном распределении выделены три периода, соответствующие периодам фоновых магнитных полей. Соответствующие периоды выявлены и в распределении волокон. Переходы от доминирования одной структуры распределения магнитных полей к другой происходят за короткий промежуток времени порядка 1-2 оборотов Солнца.

**Анализ поляризационного излучения мощных  
вспышечно-продуктивных активных областей в 2001 г.**

*В. М. Богод, С. Х. Тохчужова*

*Специальная астрофизическая обсерватория, С.Петербург;  
E-mail: vbog@gao.spb.ru*

В течение 2001 г. на РАТАН-600 проводились регулярные многоволновые наблюдения Солнца в новом многоазимутальном режиме. Особое внимание было уделено активным областям, производящим мощные вспышки. Были обнаружены разнообразные и резкие изменения поляризационной структуры в радиоизлучении активных областей, производящих мощные вспышки. Эти явления происходят в широком интервале потоков радиоизлучения, в относительно узком диапазоне волн (2-5 см) и регистрируются в интервале времени от нескольких часов до нескольких дней до мощной вспышки, а также во время вспышки. Проанализированы все стадии вспышечного процесса. Получен большой статистический материал за период 2001 г. Обнаруженные новые свойства вспышечной плазмы могут быть использованы для проверки существующих моделей солнечной вспышки и для разработки новых критериев вспышечной активности. Работа поддерживалась частично грантами РФФИ-02-02-16430 и ИНТАС 181.

**Солнечная активность, циркуляция атмосферы и проявления опасных природных процессов — селей и оползней**

***Т. Е. Вальчук<sup>1</sup>, Н. К. Кононова<sup>2</sup>, И. В. Мальнева<sup>3</sup>,  
М. М. Чернавская<sup>2</sup>***

<sup>1</sup> *ИЗМИРАН, Троицк Московской обл.;  
E-mail: hellab@izmiran.troitsk.ru*

<sup>2</sup> *ИГ РАН, Москва, Россия; E-mail: climate@igras.geonet.ru*

<sup>3</sup> *ВСЕГИНГЕО, Москва, Россия;*

На основе вычисленного до 2000 г. ряда атмосферных циркуляций, типизированных по методике Дзердзеевского Б.Л. в 13 типов элементарных циркуляционных механизмов (ЭЦМ) (с учетом сезонных эффектов типизация включает 41 разновидность ЭЦМ), продолжена работа по исследованию связей опасных природных процессов с Солнцем и солнечной активностью, см. Труды конф. в Пулкове 1998 г. Предсказанный тогда рост селей и оползней подтвердился в событиях последних лет — катастрофический сель в Тырнаузе, сошедший по реке Баксан 18-24 июля 2000 г., наводнения в Краснодарском крае ранней весной 2002 г. после обильных снегопадов небывалой мощности, наводнение в Ленске весной 2001 г., столь же катастрофические наводнения в Западной Европе — Германии и др., резкие температурные перепады и экстремумы зимы 2001-2002 г.г. Анализ последних десятилетий имеющегося столетнего ряда данных показывает усиление обнаруженной тенденции доминирования южной меридиональной циркуляции ЭЦМ 13, наиболее динамичной, эффективной и обостряющей катастрофические природные события. Приуроченность к максимуму 23 цикла солнечной активности увеличивает вероятность катастрофических изменений в местах, связанных с наличием опасности схода селей или подтопления, вызывающего оползни и сдвиги почвы.

**Фрактальная структура солнечного ветра в минимуме (1996 г.) и максимуме (2000 г., 2002 г.) 23 солнечного цикла.**

***Т. Е. Вальчук, Э. И. Могилевский, В. И. Одинцов***

*ИЗМИРАН, Троицк Московской обл.;  
E-mail: hellab@izmiran.troitsk.ru*

Проведены расчеты фрактальной размерности по рядам данных КА Wind — измерений параметров плазмы и магнитного поля солнечного ветра (СВ) в околоземном космосе. Рассмотрены два рекуррентных прохо-

ждения крупномасштабных комплексов солнечной активности (ККСА), включавших в качестве элемента корональные дыры (КД), соответственно в периоды минимума (1996 г.) и максимума (2000 г., 2002 г.). Проведено сравнение вариаций параметров СВ со структурными характеристиками явлений солнечной активности на диске Солнца по наблюдениям КА SOHO, Yohkoh, наземным наблюдениям волокон, магнитных полей и др. Осуществлена привязка характерных регионов ККСА на Солнце к их проявлениям в СВ, зарегистрированном КА Wind. Изучены флуктуационные характеристики и проведен сравнительный анализ регионов КД и пограничных областей в параметрах СВ в фазах минимума и максимума текущего 23 солнечного цикла.

### **Принцип минимальной диссипации и строение солнечной конвективной зоны**

*Ю. В. Вандакуров*

*Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе РАН,  
Санкт-Петербург; E-mail: yv.mhd@pop.ioffe.rssi.ru*

Рассматривается проблема самопроизвольного формирования дифференциального вращения осесимметричной намагниченной солнечной конвективной зоны при условии минимальности полной диссипации среды. Это условие находится в согласии с установленным в необратимой термодинамике принципом минимального производства энтропии в близких к равновесным системах. На рассматриваемом начальном этапе нами изучается модель с осесимметричным азимутальным магнитным полем в предположении, что нижняя и верхняя границы конвективной зоны находятся на относительных радиусах, соответственно, 0.71 и 0.95. При нахождении распределений вращения и поля осуществляется варьирование в 12-ти радиальных слоях коэффициентов, определяющих эти поля. Выбираются решения с минимальной полной диссипацией.

Как оказывается, в самопроизвольно формирующемся состоянии вращение в основном симметрично, а магнитное поле антисимметрично относительно экватора, хотя присутствуют и малые поправки с противоположной симметрией. Распределения вращения по широте и радиусу такого же типа, как наблюдаемые на Солнце, однако дифференциация по широте более сильная. Кроме того, решение имеет зоны с резкими пространственными вариациями вращательных и магнитных полей. Интересно, что сильные вариации такого рода имеют место вблизи тех зон, где на Солнце

возбуждаются крутильные волны, т.е. волны ускоренного или замедленного вращения среды. Не исключено, что сам процесс формирования резких пространственных градиентов действительно происходит на Солнце, но из-за самовозбуждения дополнительных течений среды этот процесс приводит лишь к генерации крутильных волн.

Мы рассматриваем также те эффекты, которые появляются, если в конвективной зоне присутствует зависящее от долготы магнитное поле. В этом случае существенно усиливается взаимодействие между полем и вращением среды, в результате чего может происходить бездиссипативная генерация магнитного поля, если в среде возбуждаются соответствующие слабые меридиональные течения вещества. Другой эффект заключается в том, что в присутствии зависящего от долготы поля становится возможной компенсация азимутальных сил, возбуждающихся при конвективном переносе тепла.

Работа выполнена при финансовой поддержке Фонда "Интеграция" (контракт КО854) и Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 00-02-16939).

## **Мелкомасштабная структура активных долгот**

***В. В. Васильева***

*Кисловодская Горная Станция ГАО РАН; E-mail: solar@narzan.com*

Для исследования мелкомасштабной структуры активных долгот используются ежедневные магнитограммы за период 1993-2001 гг. по данным Кит Пик. На магнитограммах выделялись магнитные структуры, которые разбивались на фракции в зависимости от их площади. Для каждой фракции строилась долготно-временная диаграмма. Было показано, что мелкомасштабные магнитные образования площадью от 100 до 300 м.д.п. трассируют активные долготы, выделяя их как непрерывные узкие полосы. Эти полосы имеют наклон на кэррингтоновской сетке, что говорит о скорости вращения отличной от кэррингтона.

Сравнительный анализ долготного распределения групп солнечных пятен (по данным обсерватории в Гринвиче) и магнитных образований площадью 100-300 м.д.п. показал, что мелкомасштабные магнитные структуры заполняют пустоты между пятнами, неся тем самым более полную информацию о структуре активных долгот. Такие структуры выделяются наиболее четко для приэкваториальной широтной зоны  $\pm 20^\circ$  на фазе спада и роста вблизи минимума солнечной активности. Сопоставление долготной неоднородности магнитных образований с долготной неоднородностью корональных дыр также показало хорошее соответствие. Показано,

что мелкомасштабные магнитные образования можно использовать для изучения свойств активных долгот.

### Изменение периодов вращения секторной структуры ММП

*В. В. Васильева, А. Г. Тлатов*

*Кисловодская Горная Станция ГАО РАН; E-mail: solar@narzan.com*

Рассмотрены изменения периодов вращения секторной структуры межпланетного магнитного поля по данным ежедневных индексов геомагнитных возмущений:  $aa$  с 1868 г. и  $K_p, A_p, C_p$  с 1932 г. Для этого использован метод определения периодов в “окнах” шириной  $\sim 1000 \div 2000$  дней, с последующим сдвигом окна вдоль ряда. Таким образом, удалось провести оценку изменения периодов вращения для 2-х, 4-х и 6-ти секторной структуры ММП. Показано, что характерные периоды секторной структуры имеют 22-летнюю модуляцию. Наибольшие периоды вращения для 4-х секторной структуры свойственны эпохе 1945  $\div$  1960 гг. Эти результаты сравниваются с вариациями периодов вращения секторной структуры, полученных при анализе Н-альфа карт крупномасштабного магнитного поля [1]. Показано, что для  $aa$ -индекса до 1960 года эти изменения по фазе и величине близки к изменениям полученным по Н-альфа картам, а с 1960 года находятся в противофазе. Для  $K_p$  индекса фаза 22-летней модуляции близка к фазе вариаций по Н-альфа картам.

[1] Васильева В. В., Макаров В. И., Тлатов А. Г. // Письма в АЖ., 2002.

### Peculiarities of relativistic solar proton events during the 23rd solar activity cycle

*E. V. Vashenyuk<sup>1</sup>, B. B. Gvozdevsky<sup>1</sup>, A. V. Belov<sup>2</sup>,  
V. G. Yanke<sup>2</sup>, E. A. Eroshenko<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Polar Geophysical Institute, Apatity, Murmansk region, 184209, Russia*

<sup>2</sup> *IZMIRAN, Troitsk, Moscow region, 142190, Russia*

Peculiarities of relativistic solar proton events (SPE) occurred during the current, 23rd solar activity cycle in comparison with past solar cycles have been considered. The relativistic solar cosmic rays are registered by ground based

detectors in rather rare events called GLE (Ground Level Enhancements). The GLE have a number of peculiar features distinguishing them from SPE of lower energy. So GLEs tend to appear by groups divided by interval of one or several days, as the mean rate of their occurrence is one event per year. As an example one can point to the GLE groups of May 2 and 6, 1998, April 15 and 18, 2001. Most of GLEs occurred during Forbush- effects that specifies possible connection with CMEs from the previous activity on the Sun. 6 of 9 GLEs of 23rd cycle occurred during Forbush effect. And besides of known tendency of SPEs to appear at rising and decline phases of solar cycles, GLEs sometimes occurred during sunspot maximum as was for even 20 and 22 cycles and seems for the 23rd cycle. And though GLEs tend to avoid an epoch of solar magnetic reversal they tend to appear close to start and end of these time intervals. Possible reasons for such regularities related to the cyclic evolution of coronal magnetic fields and coronal holes as structures of open magnetic configuration on the sun are discussed.

### **On the radial dependence of the 11- and 22-year variations in the galactic cosmic ray intensity**

*W. R. Webber<sup>1</sup>, M. B. Krainev<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Astronomy Department, New Mexico State University, Las Cruces, NM, 88005, USA*

<sup>2</sup> *Lebedev Physical Institute, RAS, Leninsky Prosp., 53, Moscow, 119991, Russia; E-mail: krainev@fiand.msk.su*

Using the spacecraft galactic cosmic ray data for the periods of minimum (1987, 1997) and maximum (1990, 2001) solar activity, we try to isolate the residual, 11- and 22-year variations in the galactic cosmic ray intensity. The radial dependencies of these variations are estimated and compared with those following from the conventional modulation models.

### **Северо-южная асимметрия в долготном распределении солнечной активности**

*Е. С. Вернова<sup>1</sup>, К. Мурсула<sup>2</sup>, М. И. Тясто<sup>1</sup>, Д. Г. Баранов<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> *СПбФ ИЗМИРАН, С.-Петербург;*

<sup>2</sup> *Университет Оулу, Оулу, Финляндия;*

<sup>3</sup> *ФТИ им. А. Ф. Иоффе, С.-Петербург;*

*E-mail: d.baranov@pop.ioffe.rssi.ru*

Рассмотрено изменение долготного распределения солнечной активности (СА) в ходе 15-22 солнечных циклов. Долготная асимметрия (ЛА)

определялась как векторная сумма площади солнечных пятен (метод полярных диаграмм) [1]. Параметр LA является характеристикой SA, в которой уменьшена роль стохастической долготно симметричной части и подчеркивается регулярная асимметричная часть SA. Параметр LA был определен для северного и южного полушарий Солнца, причем проявились регулярные осцилляции в доминировании солнечных полусфер для каждого солнечного цикла в период высокой SA [1, 2]. Для анализа этих осцилляций был применен метод наложения эпох с 0-днем, совпадающим с окончанием инверсии общего магнитного поля Солнца (ОМПС) в южном полушарии. Показано, что систематические осцилляции происходят до окончания инверсии ОМПС: на фазе роста SA начинается доминирование LA в северном полушарии, которое длится примерно 2,3 года, затем следует резкое изменение (1,2-1,7 года) к доминированию южного полушария, которое сохраняется  $\sim 1,6$  года и заканчивается к моменту окончания инверсии ОМПС. Резкая смена доминирования полушарий Солнца находит отражение в изменении параметров гелиосферы и приводит к резкому уменьшению амплитуды 27-дневной вариации галактических космических лучей (КЛ) в период инверсии ОМПС, что проявляется в виде двух максимумов амплитуды 27-дневной вариации КЛ в ходе солнечного цикла. Работа поддержана РФФИ (грант 01-02-17195).

- [1] Вернова Е. С., Тясто М. И., Баранов Д. Г. Тр.конф. "Крупномасштабная структура солн. активности", Пулковое, 1999, с.49.
- [2] Vernova E. S., Mursula K., Tyasto M. I., Baranov D. G. // Solar Phys., 2002, v.205, p.371.

## **Об энергетике солнечных циклов**

***И. С. Веселовский, О. Панасенко***

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

Полная мощность электромагнитного излучения Солнца испытывает изменения с относительной амплитудой порядка  $10^{-3}$  в ходе солнечного цикла. Физическая природа этих изменений в настоящее время неизвестна. Соответствующая этим колебаниям свободная энергия может иметь ядерную природу, быть связанной с потенциальной энергией в поле сил тяжести, механическими движениями (дифференциальное вращение, конвекция), радиационным переносом, тепловой или магнитной формой. Выполнены оценки энергетических резервуаров и мощностей для указанных

форм свободной энергии. Рассмотрены возможные нестационарные процессы рекуперации и превращения друг в друга различных видов энергии на Солнце. Обсуждается широко распространенная точка зрения, что диссипация магнитной энергии в процессах солнечной активности достаточно для объяснения наблюдаемого избытка излучения Солнца в максимуме цикла. Приводятся аргументы, основанные на энергетических оценках, в пользу противоположной причинно-следственной связи. Вариации светимости рассматриваются как энергетический источник циклов солнечной активности. Формулируется основной нерешенный вопрос: каково пространственно-временное распределение и потоки различных видов энергии, импульса и массы на Солнце в течение циклов.

**A study of development of global solar activity in 23-rd solar cycle based on radio observations with the Nobeyama radio heliograph**

*G. B. Gelfreikh<sup>1</sup>, V. I. Makarov<sup>1</sup>, A. G. Tlatov<sup>1</sup>,  
A. Riehoainen<sup>2</sup>, K. Shibasaki<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>*Pulkovo Astronomical Observatory, Saint Petersburg, 196140, Russia*

<sup>2</sup>*Tuorla Observatory, 21500, Piikkiö, Finland*

<sup>3</sup>*Nobeyama Radio Observatory, NAO, Japan*

Daily radio maps of the Sun at the wavelength of 1.76 cm were used to analyze the parameters of solar activity at all heliographic latitudes for the period 1992-2001. As a criterion of the level of solar activity, we analysed the area/number of regions with an excess of brightness above a certain fixed level as well as regions with brightness below a certain level. The distribution of such "bright" and "dark" regions with heliographic latitude as function of time was found. Special attention was paid to the high latitude polar regions where the ways of analysing solar activity are rather limited and have no generally accepted methods. The results are compared with some other indices of high latitude solar activity, such as polar faculae and magnetic field measurements. They appear to be in general agreement with the radio observations. The advantage of using radio observations is a more homogeneous database and a stable method of analysis.

An analysis of solar rotation as function of the heliographic latitude and time is made using daily radio maps of the Sun. Variation of the velocity as function of latitude during the period 1992-2001 have been studied. We have found alternating bands of faster and slower rotation. They travel from higher latitudes towards the equator during the current solar cycle.

Radio observations with high accuracy and reliability thus confirm the reality of torsional oscillations in the higher levels of the solar atmosphere.

### **Солнечные протонные события после смены знака магнитного поля**

***И. В. Гецелев, В. П. Охлопков, Е. А. Чучков***

*НИИ ядерной физики им. Д. В. Скобелъцына МГУ, Москва;  
E-mail: okhlopkov@taspd.sinp.msu.ru*

В работе использовались результаты спутниковых наблюдений солнечных протонных событий (СПС) и магнитного поля Солнца в период 1973–2001 гг. Рассчитаны суммарные флюенсы энергичных солнечных протонов для различных периодов времени и их распределение по энергиям в диапазоне 10-60 МэВ. Проведено сопоставление характеристик СПС, магнитного поля Солнца и солнечной активности, наблюдавшихся после переполосовки и в другие периоды времени. Отмечена существенная разница в количестве СПС, в энергетических спектрах и в величине флюенсов солнечных протонов после смены знака магнитного поля Солнца по сравнению с аналогичными данными, зарегистрированными в период смены знака. Обсуждаются возможные объяснения полученных результатов.

### **О вариациях микроволнового и дециметрового излучения в активных областях солнечной атмосферы**

***Т. Б. Гольдварг<sup>1</sup>, Г. Б. Гельфрейх<sup>2</sup>, Ю. Г. Копылова<sup>2</sup>,  
Ю. А. Наговицын<sup>2</sup>, Ю. Т. Цап<sup>3</sup>, Л. И. Цветков<sup>3</sup>,  
Ю. Ф. Юровский<sup>3</sup>***

<sup>1</sup>*Калмыцкий государственный университет, Элиста;  
E-mail: phys@kalmsu.ru*

<sup>2</sup>*Главная астрономическая обсерватория РАН, С.-Петербург;  
E-mail: yul@gao.spb.ru*

<sup>3</sup>*Крымская астрофизическая обсерватория, пос. Научный, Украина;  
E-mail: yur@crtao.crimea.ua*

На основе наблюдательных данных, полученных в сентябре 2001 года с помощью РТ-22 КраО, исследуются временные квазипериодические вариации микроволнового излучения (8.6 и 15.4 ГГц) активной области NOAA 9628. С помощью вейвлет-анализа были обнаружены колебания с характерными периодами  $T = 10 - 40$  с, тогда как секундные осцилляции

оказались подавленными. В динамических амплитудных спектрах наиболее ярко выражены вариации с характерным периодом около 3 минут, а также колебательные процессы на временах десятки минут.

С помощью процедуры Грассбергера–Проккача оценена корреляционная размерность исследуемых квазиколебательных процессов. Показано, что во всех случаях процессу соответствует низкоразмерный аттрактор с вкладом детерминированного хаоса. Установлено, что временные профили потоков поляризованного и неполяризованного излучения слабо коррелируют. Данное несоответствие объясняется низким пространственным разрешением телескопа и неоднородностью активной области. Предполагается, что короткопериодические осцилляции ( $T < 40$  с) вызваны возбуждением альвеновских мод в переходной области и верхней хромосфере Солнца. Полученные результаты обсуждаются в связи с проблемой нагрева солнечной короны.

### Периодические режимы энерговыделения активных областей Солнца

*Т. Б. Гольдварг<sup>1</sup>, Ю. А. Наговцын<sup>2</sup>, А. А. Соловьев<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Калмыцкий государственный университет, Элиста;  
E-mail: phys@kalmsu.ru*

<sup>2</sup> *Главная астрономическая обсерватория РАН, С.-Петербург;  
E-mail: nag@gao.spb.ru*

Квазипериодические изменения характеристик солнечной плазмы (магнитное поле, плотность, размеры активных образований и т. д.) встречаются во всех слоях атмосферы Солнца. Совпадение периодов колебаний свидетельствует в пользу взаимосвязи процессов, в которых такие осцилляции наблюдаются. Следовательно, определение периодических режимов характеристик активных областей необходимо для нахождения общих механизмов возникновения колебательного процесса.

В работе исследуются периодические режимы энерговыделения в активных областях, а именно рекуррентность появления солнечных вспышек в данной активной области. Ранее квазичасовые колебания были обнаружены при изучении динамики пятен и интенсивности локальных источников радиоизлучения. Нами рассматриваются периоды от 40 минут до нескольких суток. Для определения параметров колебаний используются три различных метода: корреляционный периодограммный анализ, вейвлет-анализ и кластерный анализ. Предлагается теоретическая модель для объяснения такого рода энерговыделения.

## **Особенности поведения крупномасштабных ударных волн в анизотропной гелиосферной плазме**

***С. А. Гриб***

*Главная астрономическая обсерватория РАН, 196140, Пулковое,  
Санкт-Петербург, Россия*

В рамках анизотропной магнитогидродинамической системы динамической совместности численно исследуется ударное изменение параметров плазмы для различных значений анизотропии газокINETического давления протонов по отношению к направлению магнитного поля. Показывается, что наличие значительного давления начального магнитного поля ( $\beta \ll 1$ ) оказывает существенное влияние на ударное изменение параметров плазмы на фронте волны в короне Солнца в отличие от их поведения на ударном фронте в свободном потоке солнечного ветра ( $\beta \sim 1$ ) с малой величиной этого давления.

Указывается также на устойчивость медленных ударных волн в корональной плазме при их сильном затухании в стационарном солнечном ветре.

Подчеркивается важность учета величины изменения магнитного поля на фронте быстрой ударной волны в анизотропном по давлению случае при оценке интенсивности волн.

Обращается внимание на большое влияние термальной анизотропии на возникновение плазменных неустойчивостей различного типа, сопровождающихся термализацией и турбулизацией плазмы.

## **Морфология корональных лучей на спаде активности (SOHO/LASCO, 2002 год)**

***С. С. Гусева, М. П. Фатьянов***

*Горная астрономическая станция ГАО РАН, Кисловодск;  
E-mail: mfat@rambler.ru*

В работе проведен анализ ряда снимков короны в белом свете, по наблюдениям на инструменте LASCO (2-6 R ) орбитальной обсерватории SOHO в период январь – февраль 2002 г. (СК 1984-1986). Для лучей, отчетливо принадлежащим к разным типам систем нейтральных линий магнитного поля измерен ход яркости вдоль оси луча по радиусу от поверхности Солнца. Учет этой зависимости позволяет отделить геометрические эффекты проекции от эволюции яркости луча на снимках за соседние

даты. Этот метод дает хорошие результаты для узких лучей, где нет переналожения вдоль луча зрения. Выявлены рекуррентно повторяющиеся лучевые образования по наблюдениям, отстоящим на кэррингтоновский оборот. По размерам и форме эти лучи не удовлетворяют стандартной классификации лучей затменной белой короны (размеры лучей более  $3 R$  по высоте). Проведенное исследование показывает, что на ветви спада в течение одного солнечного оборота может наблюдаться корона, общая форма которой резко различается по типу, характерному для данной фазы цикла активности. На расположение корональных лучей по лимбу сильно влияет и небольшие углы поворота Солнца вокруг своей оси (вследствие больших корональных высот). Это предъявляет жесткие требования ко времени наблюдения при подборе данных по соседним кэррингтоновским оборотам. Наилучший режим отождествления – по ряду снимков, отстоящих не более чем на половину суток. В этом режиме возможно отделить эффекты проекции и переналожения лучей от эволюции картины во времени. Следует отметить, что прямые узкие корональные лучи над корональными конденсациями, обычно очень яркие на затменных снимках, в короне LASCО почти не проявляются в виде отдельных образований. На их месте наблюдаются яркие лучевые комплексы, как результат переналожения многочисленных лучистых структур. Не проявляются также полярные корональные лучи с их характерной дуплетной структурой (возможно, также по причине недоступности для наблюдений диапазона малых корональных высот, скрытого внешним затмевающим диском). Отмечается существование в короне узких темных лучей, имеющих резкие границы на фоне яркой короны. Эти лучи, возможно, располагаются над узкими протяженными корональными дырами, имеющими ориентацию на диске Солнца вдоль направления по лучу зрения). При изучении генетической связи лучей с поверхностными образованиями для более точной идентификации необходимо применять в дальнейшем компьютерную обработку снимков, усиливающую монотонные изменения угла наклона и широты лучей. Предполагается провести дополнительную работу на большем материале для выработки четких критериев идентификации лучей на восточном лимбе с целью разработки методов среднесрочного прогноза солнечной активности.

## Вековой цикл активности Солнца и проблема глобального потепления

*Е. И. Давыдова, В. В. Давыдов*

*Кисловодская Горная Станция ГАО РАН*

Выполнен анализ возможных долговременных солнечно-земных связей для некоторых регионов Земли. Используются ряды температуры в Центральной Англии с 1772 по 1993 гг., максимальная и минимальная температуры в США (штат Нью-Джерси) с 1874 по 1993 гг., а также ряды чисел Вольфа за аналогичные интервалы времени. При анализе рядов использовались как сами величины, так и их вариации. Показано, что коэффициент корреляции между рядом температур в Англии и рядом чисел Вольфа равен 0.81 при условии, когда экстремумы температур опережают экстремумы чисел Вольфа примерно на 10 лет. Корреляционная функция имеет колебательный характер с периодом около 80 лет. Спектральные методы дают значимый пик около 43 года для температуры и слабые пики для более длинных периодов. Вейвлет-анализ показывает, что долговременный ход температур связан с периодами около 42 и 80-82 года. Линии локальных экстремумов расщепляются около 1900 года (в минимуме Глайсберга по числам Вольфа), что может свидетельствовать о наличии особенности смены фазы на противоположную. Аналогичный вейвлет-анализ для чисел Вольфа показывает период около 95-97 лет, растущий до 113-115 лет после 1900 года. Значимый период около 43 года проявляется как в земных, так и в солнечных данных, и на наш взгляд, также свидетельствует о проявлении векового цикла.

Выводы. 1. Кроме общего тренда, данные по температуре показывают цикл Глайсберга, равный примерно 81 год, а также цикл, соответствующий половине цикла Глайсберга, около 43 года. 2. В долговременных изменениях температуры первостепенное значение могут иметь не сами числа Вольфа или другие солнечные индексы, а степень развития процесса (дифференциальные данные). 3. При прогнозировании хода глобального потепления необходимо учитывать оба эти обстоятельства, как общий тренд, который модулируется циклом Глайсберга, так и экстремумы температур, которые опережают ход чисел Вольфа.

## Солнечная активность и климат: ~200-летний цикл

*В. А. Дергачев*

*Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе РАН,  
Политехническая 26, Санкт-Петербург 194021;  
E-mail: v.dergachev@pop.ioffe.rssi.ru*

Чтобы понять основные механизмы, которые управляют солнечным динамо, необходимы данные об иерархии солнечных циклов и изменении амплитуды циклов, информацию о которых нельзя получить из коротких прямых данных о солнечной изменчивости. Такие сведения удастся получить с помощью космогенных нуклидов, зафиксированных в природных архивах, обладающих надежной временной шкалой. Восстановленная из колец деревьев известного возраста концентрация  $^{14}\text{C}$  за последние более чем 10 тысяч лет показывает следующие особенности: долговременный тренд, крупномасштабные (тысячи лет), среднемасштабные (сотни лет) и кратковременные (десятки лет – годы) цикличности. Детальным рассмотрением временного интервала, охватывающего последнюю тысячу лет, установлено, что концентрация  $^{14}\text{C}$  была выше в течение экстремально низкой солнечной активности в эпохи Маундера и Шперера. Заметные пики в образовании  $^{14}\text{C}$  обнаружены приблизительно в окрестности 1300 г. и 1050 г. Подразумевается, что и они должны приходиться на периоды минимумов солнечной активности Вольфа и Оорта, соответственно. По результатам изучения подобной картины в образовании  $^{14}\text{C}$  сделан вывод о циклическом характере изменения, с периодом в 200-210 лет. Циклы с подобными периодичностями обнаруживаются в длинных рядах данных концентрации космогенного  $^{14}\text{C}$ . Спектральный анализ длинных рядов данных концентрации  $^{14}\text{C}$  позволил уверенно выделить этот цикл. Анализ данных потока  $^{10}\text{Be}$ , образующегося в земной атмосфере подобным  $^{14}\text{C}$  образом, восстановленного из верхних слое кернов Гренландского льда показывает доминирующий период в  $205 \pm 5$  лет. В настоящее время цикл в 205 лет найден в данных  $^{10}\text{Be}$  в керне льда, охватывающем часть ледникового периода с 25 до 50 тысяч лет до настоящего времени.

Поток  $^{10}\text{Be}$  в слоях льда, как и образование  $^{14}\text{C}$  в кольцах деревьев, отражают их глобальную скорость образования за счет изменения солнечной активности. Поскольку амплитуда глобальной скорости образования космогенных нуклидов зависит от изменяющегося геомагнитного поле, то хорошо прослеживается эффект модуляции ~200-летнего цикла: при пониженной напряженности геомагнитного поля амплитуды скорости образования  $^{10}\text{Be}$  и  $^{14}\text{C}$  выше, чем при высокой напряженности поля. Временные вариации космогенных нуклидов позволяют исследовать природу модуляции космических лучей и свойства спектра космических лучей вне магнитосферы. Показано, что в наземных наблюдениях кос-

мических лучей, кроме известной 11-летней модуляции, прослеживается долговременная модуляция около 200 лет. Анализ космогенных нуклидов в природных архивах дает не только убедительные свидетельства изменения солнечной активности с различными периодами, но и информацию о различных параметрах земного климата: температура, осадки, скорость ветра и др. Климатические циклы периодичностями в  $\sim 200$  лет, которые могли иметь солнечную природу, прослеживаются в различных природных архивах, имеющих слоистую структуру: ленточные глины, озерные отложения, кораллы и т.д. В настоящее время существует достаточно доказательств, что солнечные циклы, как это зарегистрировано в  $^{10}\text{Be}$  и  $^{14}\text{C}$  данных, могут быть эмпирическими индикаторами палеоклимата.

### Неустойчивые колебания дифференциально вращающегося Солнца

*Н. С. Джалилов, В. Н. Ораевский*

*ИЗМИРАН, г. Троицк Московской области;*

*E-mail: namig@izmiran.rssi.ru, oraevsky@izmiran.rssi.ru*

Рассматривается возможность возникновения собственных колебаний Солнца с периодами намного больше, чем период вращения Солнца. На основе уравнений радиационной гидродинамики поставлена краевая задача о возбуждении вихревых мод типа волны Россби в геофизике. Показано, что при учете малого широтного градиента вращения и сжимаемости, вихревые волны могут стать собственными модами резонатора, границами которого являются основания конвективной зоны (солнечный тахоклин) и центр Солнца. Благодаря сжимаемости, радиальная компонента вихревого движения не нулевая и волны переносят угловой момент в радиальном направлении. Исследован тепловой механизм возбуждения таких колебаний. Показано, что малейший дисбаланс между поступлением энергии от ядерных сгораний (рассмотрены только р-р реакции) и ее выносом через переноса излучения, приводит к неустойчивости рассматриваемых колебаний. Получено комплексное интегральное дисперсионное уравнение, которое описывает эту неустойчивость. Выделяются три диапазона периодов, которые становятся наиболее неустойчивыми: 1–3 года (“квази двухлетние”), 18–30 лет (“22-летние”) и 1500–5000 лет (“сверх низкочастотные”). Характерные времена роста амплитуд этих мод имеют порядок, соответственно: 100, 1000 и 100000 лет, которые намного меньше, чем время Келвина для звезды. Обнаруженные моды (мы их назвали R-модами) принципиально отличаются от известных г-мод звезд: причина возбуждения R-мод не связана с геометрическими эффектами (имеется

ввиду прежде всего зависимость параметра Кориолиса от широты) и собственные частоты этих мод являются функциями внутренней структуры звезды. Обсуждаются перспективы нелинейной стадии развития неустойчивых мод как ключевого механизма для:

- 1) управления магнитной циклическостью и ее вариациями;
- 2) объяснения причины замедления вращения внутри Солнца;
- 3) возможной связи сверхнизкочастотных мод с глобальными долгопериодическими вариациями земного климата.

### **Исследование нерадиальности лучей пояса и цепочек стримеров в короне Солнца.**

*М. В. Еселевич, В. Г. Еселевич*

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

На основании анализа изображений короны инструментов LASCO C1, C2, C3 исследовано поведение пояса стримеров в течение полупериода солнечной активности 1996-2001, начиная от фазы минимума и до фазы максимума в отсутствие корональных выбросов массы. Показало, что:

1. Положение пояса стримеров относительно экватора Солнца, в общем случае, характеризуется двумя углами  $\theta_o$  и  $\theta_E$ , где  $\theta_o$  — широтное положение вблизи поверхности Солнца середины основания шлема, вершина которого при дальнейшем удалении от Солнца плавно переходит в луч пояса стримеров,  $\theta_E$  — широта этого луча на расстояниях от центра Солнца  $R > (5 - 6)R_\odot$ , на которых луч становится радиальным.

2. Радиальную ориентацию ( $\theta_o \approx \theta_E$ ) на всем своем протяжении сохраняют лишь лучи, расположенные на отдельных выделенных широтах  $\theta_o$ . Это:  $\theta_o \approx 0^\circ$  (экватор),  $\theta_o \pm 90^\circ$  (северный и южный полюса) и угол  $\theta_o$ , заключенный в диапазоне  $\approx \pm(65^\circ - 75^\circ)$ , соответственно, в N и S полушариях.

3. Отклонение лучей от радиальности в направлении, перпендикулярном к поверхности пояса стримеров, происходит: для широт  $\theta_o < (65^\circ - 75^\circ)$  — в сторону экватора ( $\Delta\theta > 0^\circ$ ), достигая максимума в N и S полушариях, соответственно при  $\theta_{OM} \approx 40^\circ$  и  $\theta_{OM} \approx -42^\circ$ ; для широт  $\theta_o > (65^\circ - 75^\circ)$  — сторону полюса ( $\Delta\theta < 0^\circ$ ). Полученные закономерности являются количественным тестом, по которому можно судить об адекватности теории при описании поведения короны Солнца в цикле солнечной активности.

## Общие характеристики “СМЕs” и “BLOBs”: новый взгляд на их возможную природу

*М. В. Еселевич, В. Г. Еселевич*

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

Анализ данных LASCO/SOHO показал, что по своим основным характеристикам blobs подобны СМЕs, имеющим сравнительно небольшие размеры и скорости. Образованию blobs и СМЕs, как правило, сопутствует процесс заполнения отдельного луча (или лучей) пояса стримеров дополнительным потоком плазмы повышенной концентрации, направленным от Солнца. В общем случае, размер СМЕ в плоскости пояса стримеров может превышать его размер в направлении, перпендикулярном к поясу. Механизм формирования СМЕ и их энергетика возможно связаны с энергией дополнительных потоков плазмы от Солнца. Этот факт необходимо учитывать при построении теоретических моделей СМЕ.

## Колебания магнитного поля в тени солнечного пятна в диапазоне десятков минут

*В. И. Ефремов, Р. Н. Иханов, Л. Д. Парфиненко*

*Главная астрономическая обсерватория РАН, С.-Петербург;  
E-mail: solar1@gao.spb.ru*

В течение сезонов 2001 и 2002 годов на пулковском солнечном телескопе АЦУ-5 проводились продолжительные серии наблюдений магнитного поля в пятнах в линии Fe 5250 ( $\lambda^2g = 82$ ). Для исследования колебательных процессов были получены двумерные цифровые карты, представляющие собой развертку по времени одномерного распределения магнитного поля вдоль щели спектрографа.

Результаты обработки материала показали, что в тени пятна достаточно надежно наблюдаются колебания с периодами 16, 27 и 43 минуты. Проводится обсуждение результатов.

## Колебания в тени солнечных пятен

*В. И. Жуков*

*ГАО РАН, Санкт-Петербург; E-mail: zhukov-spb@mail.ru*

Рассчитаны незатухающие ( $\text{Im}(\omega) = 0$ ) собственные частоты колебаний тени пятна для модели тени, аналогичной модели Шойера-Томаса [1]. Найдены собственные моды колебаний с периодами от нескольких десят-

ков минут ( $g$ -моды) до нескольких десятков секунд ( $p$ -моды). Показано, что 3-мин. колебания в тени пятна — это  $p$ -моды (с  $n \geq 4$ ), модифицированные магнитным полем.

[1] Scheuer, M. A., Thomas, J. H. // Solar Phys., 1981, 71, 21.

### **Закономерности вариаций плотности потока радона и солнечная активность**

**Ф. И. Зуевич<sup>2</sup>, Е. В. Милецкий<sup>1</sup>, Ю. А. Наговицын<sup>1</sup>,  
И. В. Шкрабо<sup>2</sup>, А. В. Лазарев<sup>2</sup>, Л. А. Воронин<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Главная астрономическая обсерватория РАН, С.-Петербург;  
E-mail: [milet@gao.spb.ru](mailto:milet@gao.spb.ru), [nag@gao.spb.ru](mailto:nag@gao.spb.ru)

<sup>2</sup> ГУПНИИ промышленной и морской медицины

На интервале времени в 1.5 г. во временном ряду состоящем из 256-ти измерений величины плотности потока радона установлено существование четырех значимых периодических компонент со средними значениями равными 102, 37, 25 и 12.8 суток.

Использование процедур спектрально-временного и вейвлет-анализа позволило выявить характер изменения во времени амплитуд и периодов выделенных компонент. Основной особенностью этого изменения является такое чередование в доминировании отдельных компонент, при котором в различные интервалы времени доминирующими оказываются одна или максимум две компоненты.

Обнаружена тенденция увеличения периода доминирующей компоненты с повышением уровня солнечной (в частности, пятенной и вспышечной) активности.

### **Спектральный анализ циклических вариаций суммированных за месяц и среднемесячных значений площадей солнечных пятен**

**Е. В. Иванов**

ИЗМИРАН, г. Троицк, Московская обл., 142190 Россия;  
E-mail: [solter@izmiran.troitsk.ru](mailto:solter@izmiran.troitsk.ru)

За период 1890–2000 гг. проанализирован спектр циклических вариаций суммированных за месяц площадей солнечных пятен как для всего

солнечного диска, так и отдельно для северной и южной полусфер. Обнаружено резкое изменение (перестройка) спектра вариаций суммарных площадей пятен как при переходе от одного 11-ти летнего цикла к другому, так и в так называемых опорных точках солнечного цикла, совпадающих с моментами резкой перестройки крупномасштабного магнитного поля Солнца. По данным за 1974–1996 гг. рассмотрена связь изменений спектра вариаций суммированных за месяц площадей солнечных пятен с циклическими вариациями индексов энергии и структуры крупномасштабного магнитного поля Солнца. Исследован спектр вариаций среднемесячных значений площадей солнечных пятен. В отличие от суммированных за месяц площадей солнечных пятен резкое изменение спектра вариаций их среднемесячных значений происходит не в минимуме, а в максимуме солнечного цикла.

### **Представление индексов солнечной активности и космической погоды с помощью мод крупномасштабного магнитного поля Солнца**

*В. Г. Иванов, Е. В. Милецкий*

*Главная астрономическая обсерватория РАН, С.-Петербург;  
E-mail: ivanovv@gao.spb.ru, milet@gao.spb.ru*

Выполнено исследование, определяющее возможность представления вариаций некоторых индексов солнечной активности и космической погоды с помощью моделей, включающих в себя в качестве переменных энергетические характеристики крупномасштабного магнитного поля Солнца. Такое моделирование проведено на интервале 21-22 циклов солнечной активности для среднеоборотных значений индексов.

Исходные данные представляли собой коэффициенты разложения общего магнитного поля Солнца по данным наблюдений Стэнфорда на сферические гармоники ( $l = 1 \dots 9$ ,  $m = 0 \dots l$ ). В качестве входных параметров моделей было выбрано два набора индексов. Первый набор представляет собой 18 комбинаций мощностей зональных ( $l$ ,  $m = 0$ ) и незональных ( $l$ ,  $m = 1 \dots l$ ) гармоник магнитного поля. Для уменьшения числа входных параметров была также проведена кластеризация индексов первого набора, выделившая второй набор из трех качественно различных характеристик — мощностей “квазидипольной” ( $l = 1, 3$ ,  $m = 0$ ), “промежуточной” ( $l = 5$ ,  $m = 0$ ) и всех оставшихся компонент.

Была поставлена задача найти линейную модель, которая позволяла бы оптимальным (в смысле определенного критерия) способом представить рассматриваемый индекс с помощью упомянутых энергетических магнитных характеристик.

Результаты моделирования показали, что:

1) “Пятенно-вспышечные” индексы, даже в случае использования только трех характеристик крупномасштабного магнитного поля, удается представить в виде весьма точных моделей, имеющих высокие коэффициенты корреляции (КК) с реальными данными ( $\sim 0.8 - 0.9$ ). Повышение детализации представления магнитного поля (набор из 18 характеристик) приводит, как правило, к незначительным повышениям точности моделей. Однако и в этом случае получаемые оптимальные модели содержат всего три-четыре соответствующих характеристик магнитного поля (обычно высоких порядков).

2) Для индексов, характеризующих корональные дыры и полярные факелы, такое представление получается менее точным.

3) Из индексов космической погоды удовлетворительную точность имеют модели, представляющие поток космических лучей и межпланетное магнитное поле (КК  $\sim 0.6 - 0.8$ ).

Работа выполнена при поддержке гранта INTAS 2000-752

### **Циклическая эволюция зеленой короны в линии Fe XIV 5303**

***Р. Н. Ихсанов, В. Г. Иванов***

*Главная астрономическая обсерватория РАН, С.-Петербург;  
E-mail: solar1@gao.spb.ru, ivanovv@gao.spb.ru*

Для исследования характеристик корональной активности обычно используются данные об интенсивности зеленой короны (ЗК) в линии Fe XIV 5303Å. Однако выводы, полученные на основе разных рядов интенсивностей ЗК заметно, а иногда и существенно различаются. Это хорошо видно на примерах сводных рядов интенсивностей ЗК Рыбанского, Тлатова и ряда Кисловодской станции, по которым мы продолжили исследование циклической эволюции солнечной короны. Поэтому мы уделили особое внимание сравнительному анализу однородности шкалы этих трех рядов интенсивностей ЗК.

Показано, что в этих рядах от цикла к циклу плотности распределения локальных максимумов яркости ЗК в разных классах интенсивности

различны. Некоторая аномалия наблюдается в Кисловодском ряде на интервале 1970–1981 гг. Особенно это проявляется в средних классах интенсивностей. В сводном ряде Тлатова указанная аномалия заметно меньше. Различия хода эволюции ЗК в этих трех системах наиболее отчетливо выражены в высокоширотных зонах Солнца, и мы обсуждаем возможные причины этих различий.

### **Эволюция и смена знака полярности крупномасштабного магнитного поля на разных долготах Солнца**

*Р. Н. Иксанов, В. Г. Иванов*

*Главная астрономическая обсерватория РАН, С.-Петербург;  
E-mail: solar1@gao.spb.ru, ivanov@gao.spb.ru*

Одной из важнейших задач в исследовании крупномасштабного поля магнитного поля (м.п.) Солнца является выяснение природы долготной неоднородности в его циклической эволюции. Данная работа посвящена выявлению таких закономерностей.

В качестве исходного материала были выбраны наблюдения м.п. в Стэнфорде за 1976–2001 гг. Крупномасштабное м.п. (масштаба  $90^\circ$ ) было разделено на 45-градусные долготные интервалы и в каждом из них проведено изучение развития м.п. за период с 21-го по 23-й цикл. В частности, на фазе I, которая охватывает отрезок времени  $\pm 2-3$  года от максимума 11-летнего цикла, в период смены знака полярности м.п. происходит заполнение всех гелиоширот внутри  $\sim 180$ -ти градусного долготного интервала полем одного знака полярности, а в остальной части гелиоширот — полем другого знака. Особенно отчетливо это появляется в 21 цикле. В результате в отдельных 45-градусных долготных интервалах в период переполюсовки знака м.п. в течение 0.5–1 гола на всех гелиоширотах обоих полушарий солнца наблюдается м.п. одного знака. Таким образом, на фазе I отчетливо выявляется экваториальное дипольное поле. Однако и после смены знака полярности относительно экватора продолжается широтное колебание нейтральной линии с периодом 1.5–2 года, с уменьшающейся амплитудой. Эти колебания затухают на фазе II ко времени минимума цикла.

## Особенности развития двух вспышечно-активных групп солнечных пятен с $\delta$ -конфигурациями типа I

*Р. Н. Иханов, Ю. В. Марушин*

*Главная астрономическая обсерватория РАН, С.-Петербург;  
E-mail: solar1@gao.spb.ru*

Проводится комплексное исследование развития групп пятен СД401 (1989 г.) и СД312 (1992 г.) на основе данных о собственных движениях пятен,  $H_{\alpha}$ - и рентгеновского излучения, а также продольной и поперечной составляющих магнитного поля.

В обеих группах пятен наблюдались  $\delta$ -конфигурации типа I. Последние имеют место в случаях, когда два или более магнитных комплексов-биполей всплывают из-под фотосферы последовательно или почти одновременно в том же месте фотосферы, причем магнитные оси их развернуты относительно друг друга на значительный угол. В результате в вершине системы образуется "перехлест". Пятна в группах основную часть своей жизни находятся в одной полутени. Магнитная конфигурация типа I напоминает квадрупольную систему. Однако два комплекса-биполя являются существенно независимыми. Поэтому при всплывании их взаимодействие вызывает поджатие и натяжение магнитных силовых линий.

Все наблюдаемые особенности (морфологические, динамические, магнитные) хорошо укладываются в предлагаемую нами концепцию взаимодействия магнитных комплексов-биполей. Имеются основания для утверждения, что при вспышках первичное выделение энергии в случае магнитных конфигураций типа II происходит в районе перехлеста, где магнитное поле горизонтально.

## Вариации потока солнечных нейтрино и солнечная активность

*Р. Н. Иханов, Е. В. Милецкий*

*Главная астрономическая обсерватория РАН, С.-Петербург;  
E-mail: solar1@gao.spb.ru, milet@gao.spb.ru*

Данные детекторов Homestake (1970-1994) и GALLEX (1991-1997) были использованы для выявления периодических компонент в вариациях потока солнечных нейтрино тремя различными методами. Показано, что наиболее устойчивой является 4-5-летняя периодичность. Одиннадцатилетний период проявляется в том, что среди квазипятилетних колебаний потока нейтрино величины максимальных потоков на фазах минимумов

11-летних циклов несколько превосходят соседние. В 70-е и 90-е годы была хорошо выражена также квазидвухлетняя периодичность.

Поиски связи потока солнечных нейтрино с солнечной активностью предпринимаются с переменным успехом уже свыше двадцати лет. Усилия, однако, были направлены, в основном, на поиски связи с 11-ти и 2-х летней периодичностями. Для изучения связи потока солнечных нейтрино с солнечной активностью нами было рассмотрено несколько рядов солнечных характеристик, в том числе и магнитного поля Солнца на пути пролета потока нейтрино от солнечного ядра к Земле.

Из проведенного анализа связи ряда нейтрино с рядами индексов солнечной активности найдено, что последние подразделяются на две группы. В первую из них входят те ряды индексов, которые показывают, главным образом, 11-летнюю периодичность. Ко второй группе относятся те, в которых наблюдается квазипятилетняя периодичность. Коэффициенты корреляции ряда нейтрино с рядами первой группы — отрицательны и не превосходят по модулю значения 0.5., а с рядами второй группы — положительны и имеют значения  $\sim 0.6 - 0.8$ . Проводится обсуждение полученных результатов.

### **К вопросу об истинных физических границах в магнитных структурах на Солнце**

***В. Н. Ишков***

*ИЗМИРАН, г. Троицк Московской области;*

*E-mail: ishkov@izmiran.rssi.ru*

Исследования комплексов активных областей привели к открытию существования на Солнце границ между магнитными структурами, которые соприкасаются друг с другом одной полярностью. В этом случае их разделение возможно только по наблюдению динамических процессов, которые происходят независимо в каждом компоненте. Ярким примером такого процесса является большая вспышка 12 июля 1982 г., когда эмиссия одной из лент вспышки в большем компоненте совершенно не проникает в малый, хотя магнитная полярность области одна. Современные наблюдения Солнца с космических аппаратов позволяют обнаружить такие физические границы и в так называемых униполярных структурах спокойного Солнца вне активных областей. Выделение этих структур по методу солнечных волокон и каналов волокон не отражает реального распределения поверхностных магнитных диполей, так как разные части такой “униполярной” структуры могут относиться к разным магнитным системам. Более точно такие структуры выделяются по магнитным картам с учетом

реальных плазменных структур, наблюдаемых в магниточувствительных линиях во внеатмосферных наблюдениях. Анализ показывает, что корональные дыры возникают как раз в месте прохождения физических границ. Таким образом внутри корональной дыры можно вероятно наблюдать следующий “этаж” магнитного поля Солнца, который мы назовем “фоновым”. Свойства этих фоновых полей возможно изучать значительно повысив разрешающую способность магнитографов.

### **Развитие и особенности текущего 23 цикла солнечной активности**

*В. Н. Ишков*

*ИЗМИРАН, Троицк Московской области;  
E-mail: [ishkov@izmiran.rssi.ru](mailto:ishkov@izmiran.rssi.ru)*

Обсуждается развитие текущего цикла в первые 6 лет после его начала. 23 солнечный цикл проявился как цикл средней величины по всем характеристикам, включая вспышечную активность и потоки солнечных заряженных частиц. Максимум текущего цикла наступил через 48 месяцев его развития и составил величину  $W=120.7$ . В сентябре-октябре 2001 года текущий цикл прошел вторичный максимум - максимум всплытия магнитных потоков и, соответственно, вспышечной активности. Он обычно проявляется во всех диапазонах излучения связанных со вспышечными явлениями и обычно одного порядка, а то и превосходит основной максимум в радиоизлучении на длине волны 10 см, в излучении корональных линий и т.д. Текущий цикл уступает предыдущим пяти циклам по всем основным параметрам: по общему числу групп солнечных пятен, по числу больших групп, по количеству вспышек, особенно мощных, по количеству больших протонных событий. Дневной флюэнс релятивистских электронов ( $E > 2$  MeV) ни разу не превысил значения  $10^9$ , хотя в 21 и 22 солнечных циклах такие суммарные за день потоки были не редки. Эти данные возможно свидетельствуют о смене режима генерации магнитного поля в конвективной зоне Солнца. В таком случае Солнце вступает в период средних и малых циклов по числу Вольфа, который может продлиться от 50 до 100 лет. Текущее состояние развития 23 цикла солнечной активности и его основные свойства всегда можно посмотреть на WEB-странице: <http://www.wdcb.ru/WDCB/cyc23.html>.

## **Карты населенности уровня $2^3s$ He I $\lambda = 10830 \text{ \AA}$ в хромосфере Солнца**

**Э. В. Кандрашов, В. Г. Никифоров**

*Лаборатория физики Солнца ГАО РАН, Пулково, Санкт-Петербург*

Описывается разработанный авторами метод относительной и абсолютной калибровки и обработки цифровых карт Солнца в линии He I 10830, полученных на спектрофотометре ИКСС, сконструированном и изготовленном в Пулковской обсерватории.

Применение данного метода позволило: 1) устранить влияние теллурической бленды водяного пара, которая в условиях Санкт-Петербурга может в два раза превосходить по глубине линию гелия в корональных дырах, 2) компенсировать изменение глубины исследуемой линии с изменением гелиоцентрического угла (потемнение в линии к краю видимого диска Солнца), 3) сделать объективным и автоматизировать процесс идентификации различных наблюдаемых явлений (корональных дыр, активных областей и т.д.) на карте Солнца, 4) повысить надежность и воспроизводимость результатов наблюдения таких малоконтрастных объектов, как корональные дыры, 5) перейти от карт спектральной интенсивности линии, что дает ИКСС “в сыром виде” до начала обработки, к картам распределения физического параметра солнечной хромосферы, а именно — населенности атомного уровня данной линии.

Получены также следующие физические выводы: 1) характерная глубина линии гелия 10830 в расчете на единичную атмосферную массу составляет для корональных дыр от 0 до 0.03, для “спокойного Солнца” от 0.03 до 0.08, для активных областей и волокон более 0.08, 2) реальные величины, по-видимому, имеют несколько более широкий диапазон и взаимно перекрываются.

Приводятся различные гистограммы распределения интенсивности линии по диску солнца и карта населенности атомного уровня, полученные в 1989-1990 гг.

## **Вариации параметров энергетического спектра вспышек на Солнце в 21-23-циклах и глобальная перестройка магнитных полей**

**В. В. Касинский**

*Иркутский университет транспорта, Иркутск-664074;*

*E-mail: vkasin@emf.irit.ikk.ru*

1. Известна аналогия вспышек на Солнце и звездах типа *UV – Cet*, предельные энергии которых достигают  $10^{36}$  эрг. И те и другие обладают

степенным энергетическим спектром (ЭС) [1]. В работе прослежены вариации параметров ЭС рентгеновских вспышек 1-8 Å— и показателя степени  $\beta$  — за три цикла, включая текущий 23 цикл Солнца. В области больших энергий ( $> \sim 10^{28}$  эрг) наблюдается “провал” в спектре, что связано с “насыщением” вблизи “предельной энергии” —  $LgE_m$ .

2. В области средних энергий имеет место линейный тренд в логарифмической шкале,  $lgE = LgE_m - (1/\beta)LgN$ . Средний спектр имеет вид:  $lgE = 30.92 - 1,35 \cdot LgN$ . Показатель степени ЭС рентгеновских вспышек  $\beta = 0.71 - 0.74$ , что существенно ниже такового для оптических (0.8-1.0). Это указывает в пользу большей частоты оптических вспышек на Солнце при условии равенства энергий с рентгеновскими. Средняя предельная энергия X- вспышек за 30 лет (51 610 вспышек) составляет  $5 \cdot 10^{31}$  эрг (1989 г.), что меньше предельной энергии в оптике  $2 \cdot 10^{32}$  эрг, Авт.1972). Реальные энергии X-вспышек еще ниже (“провал” спектра в области высоких энергий).

3. Коэффициент корреляции  $\beta$  с числом Вольфа (W),  $r = 0.80$  и максимален при сдвиге  $\beta(t)$  на +1 год,  $r(W, b(+1)) = +0.88$ . Запаздывание  $\beta$  относительно  $W(t)$  показывает, что вспышечный процесс отстает по фазе на 1-2 года от пятнообразования (W). Наблюдается значимая 11-ти и 22-летняя модуляция в параметрах ЭС - $LgE$ , ( $r = 0.50$ ) и  $\beta$ , ( $r = 0.80 - 0.60$ ). Указанные закономерности (модуляция параметров энергетического спектра) обсуждаются в рамках модели иерархии и глобальной перестройки локальных магнитных полей, которые определяют амплитуду (энергетику) и фазировку вспышечного процесса, а также особенности энергетического спектра вспышек.

[1] Гершберг Р. // Успехи Физических Наук., 1998, том.168, № 8, с.891.

### **Вектор “анизотропии вспышек” как индикатор перестройки глобального магнитного поля на фазе максимума и минимума 24-го цикла Солнца**

*В. В. Касинский*

*Иркутский университет транспорта, Иркутск-664074;*

*E-mail: vkasin@emf.irit.ikk.ru*

1. Пространственная анизотропия вспышек, проявляющаяся, как вектор  $\langle R \rangle$ - смещения их относительно групп пятен на данной широте  $\phi$  и фазе (t) цикла образует векторные диаграммы вспышек, аналогичные диаграммам “бабочек пятен”. В отличие от последних, они несут новую

информацию о взаимодействии соседних зон пятен (тороидальных полей). Векторные диаграммы исследованы для циклов NN 17-20 [1]. Вектор  $R(\phi, t) \neq 0$  отслеживает “шпереровский эпицентр” активности и направлен в сторону максимальной частоты выноса пятен — в центр  $(\phi, t)$ - диаграммы. Направление  $R$  систематически меняется от “экваториального” к “полярному” в зависимости от положения пятен на диаграмме и фазы 11-летнего цикла.

2. С помощью векторных диаграмм анализируется эпоха перехода от “старого” (N 22) к новому (N 23) циклу. В начале нового цикла наблюдается резкая перемена направления  $R$  от “экваториального” к “полярному” (начало нового). Таким образом,  $R$ -индекс является “индикатором” тороидальной составляющей МП нового цикла до появления пятен цикла. Согласно  $R(\phi, t)$ -индексу, цикл N 23 сначала наступил в S-полушарии (III- квартал 1996 г.) и только спустя 1/2 года — в N-полушарии. С этого момента берет начало цикла в обоих полушариях Солнца. Смена знака вектора вспышек  $R(\phi, t)$ , есть индикатор зон новых пятен (МП).

3. Аналогично анализируется максимум 23-го цикла. Построены векторные диаграммы в эпоху реперолюсовки цикла N 24. Обнаружены признаки реперолюсовки по поведению  $R$ - вектора в каждом из полушарий Солнца. Анализ векторных диаграмм, что вектор “анизотропии вспышек” служит предиктором перестройки глобального магнитного поля.

[1] Kasinsky V. // Astronomical and Astrophys. Transact., 1999, v.17, p.341.

### **Сравнительный анализ свойств протуберанцев в оптическом и радиодиапазонах в период с 1992 по 2002 год**

*Ким Гун-Дер, А. Г. Тлатов*

*Кисловодская Горная Станция ГАО РАН; E-mail: solar@narzan.com*

Выполнен анализ площадей, высот и зонального распределения протуберанцев по данным наблюдений на Кисловодской Горной станции ГАО и радиогелиографа Nobuama. Используются данные ежедневных наблюдений в линии  $H_{\alpha}$  6374Å на коронографе ГАС ГАО и данные наблюдений интенсивности в радиодиапазоне на длине волны 1.76 см. Для радиоданных использовалась процедура автоматического выделения границ и определения характеристик протуберанцев. Пороговая величина, при котором происходило выделение протуберанцев, составила 7000 единиц. Показано, что в эпоху смены знака полярного магнитного поля Солнца (1999-2001 гг.)

протуберанцы южного полушария значительно превосходили протуберанцы северного полушария по количеству, площади и высоте.

### **Куда бегут динамо-волны**

*Л. Л. Кичатинов*

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

Предложено решение одной из старейших проблем теории солнечного динамо, связанной с объяснением экваториального дрейфа магнитной активности в солнечном цикле. Показано, что известное утверждение о распространении динамо-волн по поверхностям постоянной угловой скорости ограничено случаем изотропной среды. Под влиянием вращения турбулентная диффузия магнитного поля становится анизотропной. Анизотропия в свою очередь приводит к отклонению фазовой скорости волны от изоротационной поверхности по направлению к экватору. Оценки для динамо-волн проиллюстрированы двумерными численными моделями динамо в сферической геометрии. Модель с анизотропной диффузией показывает дрейф тороидального поля к экватору и в отсутствие радиальной неоднородности вращения.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект No 02-02-16044.

### **“Polarity reversal wave” of the general magnetic field of the Sun in the cosmic ray scintillation index**

*V. I. Kozlov, V. V. Kozlov, V. V. Markov*

*Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy, Yakutsk, Russia;  
E-mail: valery@ikfia.ysn.ru*

The conclusion, that sharp and deep decreases of cosmic rays intensity in 1972, 1982, 1991 and 2001 is made there is not that other, as effect of a polarity reversal of a general magnetic field of the Sun in GCR. The special attention we notice on a similarity of the profiles of sharp and deep of GCR intensity decreases not only “in major” (i.e. at a 27-day’s average), but also “in small” — for mean diurnal values. At “high-resolution” the oscillating profile of sharp and deep GCR intensity decrease on a branch of a decline of 11-year’s cycle is watched. The similar oscillating structure was detected earlier on fluctuations GCR as giant oscillations of a cosmic ray scintillation index — “waves of activity” with period near 4 days. The period “waves of

activity” coincides with sequence interval of forrush-decreases, alternation of maximas of an interplanetary magnetic field parameters, solar wind and flow of low energy particles. Apparently, that the transient process of decay of a large-scale magnetic field of the Sun at a completing stage of his polarity reversal manifest itself in formation of thin quasiperiodic structure of a heliospheric current sheet — “polarity reversal wave”.

### **Почему магнитное поле Солнца — преимущественно S-полярности?**

*В. А. Котов*

*Крымская астрофизическая обсерватория, п.Научный, Крым 98409*

Рассмотрен временной ряд общего магнитного поля Солнца как звезды за 1968–2000 гг. (ОМП, более 12 тыс. суточных измерений). Показано, что в течение 33 лет на Солнце преобладало S-поле со средним значением  $-0.02 \pm 0.01$  Гс (значимость асимметрии 90%). ОМП изменяется с 22-летним циклом, причем знак преимущественной полярности, в среднем, совпадает со знаком полярности N-полюса Солнца; средняя амплитуда вариации около 0.06 Гс. Сделан вывод, что северный полюс Солнца является “определяющим” для доминирующей полярности фонового магнитного поля большей части фотосферы (на гелиоширотах  $\gtrsim -50^\circ$ ).

### **Снова о солнечных источниках межпланетного магнитного поля**

*В. А. Котов*

*Крымская астрофизическая обсерватория, п.Научный, Крым 98409*

Измерения общего магнитного поля (ОМП) Солнца выполнены в четырех обсерваториях, включая КраО, в течение 34 лет. Они рассмотрены совместно с данными о напряженности радиальной компоненты межпланетного магнитного поля (ММП,  $|B_r|$ ) за 1970–1993 гг. Показано, что напряженность ОМП,  $|H|$ , коррелирует с  $|B_r|$  лучше, чем результаты потенциальной экстраполяции — на орбиту Земли — с “поверхности источников” на основе синоптических карт фотосферного поля.

Отсюда следует, что истинной поверхностью источников ММП, как и ОМП, является “спокойная” фотосфера, а не искусственная сферическая поверхность на расстоянии  $\approx 2.5 R_\odot$  от центра Солнца, постулируемая в потенциальных моделях. Это подтверждает результаты станции

“Улисс”, ставящие под сомнение общепринятые модели структуры поля в гелиосфере. Подчеркивается, что современные предположения о распределении поля в короне, определяемое ее динамическими процессами, и на поверхности источников не вполне корректны, а потенциальные модели (с отсутствием токов в короне, — между фотосферой и воображаемой сферической поверхностью — и даже модели, учитывающие наличие гелиосферного токового слоя) требуют пересмотра.

Определено, что (а) средняя “эффективная” напряженность поля фотосферы  $H_0 \approx 1.9$  Гс и (б) между  $|H|$  и  $|B_r|$  имеет место приблизительная линейная зависимость. Изменения радиального магнитного поля происходят “в унисон” по всей гелиосфере, и, в среднем, синхронно с флуктуациями ОМП Солнца, а также эффективной напряженности  $H_0$  (при усреднении за несколько оборотов Солнца).

### Магнитный стандарт Солнце, и о “сцеплении” фотонов тоже

*В. А. Котов<sup>1</sup>, С. В. Котов<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Крымская астрофизическая обсерватория, п.Научный, Крым 98409;*

<sup>2</sup> *Объединенный институт высоких температур РАН, Москва 127412;*

Считается, что напряженности магнитного поля фотосферы, измеренные по разным спектральным линиям, различаются из-за эффекта “насыщения”, обусловленного сверхтонкой структурой поля. Для изучения явления рассмотрено около 13 тыс. суточных измерений общего магнитного поля (ОМП,  $B$ ) Солнца за 1968–2001 гг., выполненных по линии Fe I  $\lambda$  525.0 нм в четырех обсерваториях. Солнце при этом наблюдалось как звезда, служащая “стандартом” для измерений зеемановской поляризации.

Определены коэффициенты корреляции и линейной регрессии (б) ОМП по данным разных инструментов. Эти коэффициенты принимают разные значения для разных лет и обнаруживают ход с фазой 11-летнего цикла;  $b$  при этом изменяется иногда более чем вдвое. Сделан вывод, что существенная часть различий обусловлена не столько структурой магнитного поля, сколько квантовой природой света. При измерениях зеемановской поляризации важным фактором становится эффект “сцепления” (“entanglement”) фотонов, влияющий на измеренную величину поля с помощью солнечного магнитографа. Наилучшее приближение к правильному значению  $B$  дает усреднение измерений, выполненных на разных

инструментах. Эффект “сцепления” фотонов (доказанный недавно экспериментально), необходимо учитывать и при интерпретации наблюдений более сильных магнитных полей пятен и активных областей, а также магнитопеременных звезд.

### **On the Gnevyshev gap in the galactic cosmic ray 11-year modulation**

*M. B. Krainev, G. A. Bazilevskaya*

*Lebedev Physical Institute, RAS, Leninsky Prosp., 53, Moscow, 119991,  
Russia; E-mail: krainev@fiand.msk.su*

The maximum phase in the solar cycle variation of the galactic cosmic ray intensity  $\mathbf{J}(\mathbf{t})$  is considered using neutron monitor, balloon and spacecraft data for the last five solar cycles (Nos. 19-23). For all time series considered the Double Peak Structure (DPS) with the gap between the peaks is observed in the GCR modulation ( $\mathbf{M}(\mathbf{t}) = (\mathbf{J}(\mathbf{t}_0) - \mathbf{J}(\mathbf{t}))/\mathbf{J}(\mathbf{t}_0)$ ), which proves that  $\mathbf{M}$  belongs to a wide class of solar and heliospheric parameters demonstrating a so called Gnevyshev Gap (GG) effect.

In recent years two hypotheses were formed about the nature of the GG-effect. One view (rooting in the pioneer work of M.N. Gnevyshev) holds that the DPS is inherent in the maximum phase of a solar cycle and its two peaks are either due to specific for each peak processes on the Sun or the results of some attenuation (Gnevyshev Gap) in the solar activity. The latter may be probably associated with the reversal of the high-latitude heliomagnetic field. The other view suggests that there is no particular difference between the sub-peaks inside the 11-year cycle, the DPS just being the result of the superposition of two quasi-oscillating processes in the solar activity with the characteristic time-scales of 11 years and 1-3 years.

In this paper we are trying to choose between the above hypotheses for the GCR modulation considering the details of its DPS: the dependence of the relative position of both peaks and of the ratio of the first maximum to the second one on the particle energy and on the heliocentric distance.

## On the interaction of the cosmic rays with the coronal magnetic fields of the Sun

*M. B. Krainev, G. A. Bazilevskaya*

*Lebedev Physical Institute, RAS, Leninsky Prosp., 53, Moscow, 119991, Russia; E-mail: krainev@fiand.msk.su*

When the galactic cosmic rays approach the Sun and intersect the base of the heliosphere (the region where the energy of the solar wind dominates over that of the magnetic field) they find themselves in the solar magnetosphere, where the coronal magnetic field dominates over the plasma. On the other hand, the solar cosmic rays are just born in the solar magnetosphere, being accelerated there. The further propagation of a charged particle in the solar magnetosphere can result either in the death of the particle after penetrating deep into the solar atmosphere or in its leaving heliosphere. The relative chances of the both possibilities are important, on the one hand, for the flux of the secondary particles produced in the primary particle's interaction and, on the other hand, for the solar and galactic cosmic ray (SCR and GCR) intensity near the Earth as these chances determine the flux of the SCR and the inner boundary condition for the GCR propagation in the heliosphere.

The destiny of the particle in the solar magnetosphere depends on the particle energy and on the strength and entanglement of the magnetospheric fields. As a first step we use simple models for the magnetospheric magnetic field to divide the field lines into the "closed" (starting and ending at the photosphere) and the "open" (connecting the photosphere with the heliosphere) ones. Then we estimate (1) if the particle moves along the closed lines with the conservation of the first adiabatic invariant and (2) if the configuration of the open lines can result in the reflection of the particle back into the heliosphere.

## Улучшение регулярности временных рядов с помощью генетического алгоритма

*Е. В. Куандыков<sup>1</sup>, Н. Г. Макаренко<sup>1</sup>, В. А. Дергачев<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Институт математики, Алма-Ата, Казахстан*

<sup>2</sup>*Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе РАН, С.-Петербург, Россия*

Благодаря современным методам исследования, получены многочисленные временные ряды косвенных данных различной длительности, отслеживающих характеристики природных процессов на масштабах времени, значительно превышающих интервалы, доступные прямым наблю-

дениям. Для исследования солнечной активности и климата на больших временных шкалах исключительно важными являются косвенные данные по концентрации космогенных нуклидов, содержащиеся в архивах, имеющие абсолютную временную шкалу (кольца деревьев, слои льда, и т.п.). Однако, контролируемая солнечной активностью скорость образования в земной атмосфере таких нуклидов, как  $^{14}\text{C}$ ,  $^{10}\text{Be}$ ,  $^{36}\text{Cl}$ , содержащихся в природных архивах, отягощена шумами, т.к. эти нуклиды участвуют в широком диапазоне нестационарных обменных процессов (атмосфера, биосфера, гидросфера). Как правило, для космогенных нуклидов природа шумовой компоненты неизвестна. Более того, неизвестен и вид функциональной связи полезного сигнала и шума.

Заметим также, что традиционные методы редукции шума предполагают явные знания, как о природе шума, так и о форме связи сигнала и шума (сумма или произведение). Поэтому, оценки погрешности, полученные такими методами, характеризуются большим разбросом. В работе обсуждается метод редукции шума свободный от упомянутых ограничений. Он основан на предположении о том, что реальный (чистый) сигнал, не является регулярным, в некотором корректно определенном смысле [1]. В нем присутствуют те же самые локальные флуктуации, что и в измеренном сигнале, но среднее значение регулярности полезного сигнала выше, чем у измеренного, содержащего шумовую компоненту произвольной природы. Алгоритм редукции шума состоит из двух частей [2]. Сначала оценивается локальная Гельдеровская регулярность измеренного сигнала. Полученная функция поднимается вверх добавлением контролируемой константы. Затем решается обратная (некорректная) задача построения функции с предписанной регулярностью. Стабилизатором соответствующего функционала является член, контролирующий близость вейвлет коэффициентов измеренного и реконструируемого сигналов. Решение находится с помощью генетического алгоритма. Полученная в результате функция и будет полезным (редуцированным от шума) сигналом.

Методика тестировалась на моделях и реальных данных. Моделью служила фрактальная функция Вейерштрасса, с заданной переменной регулярностью, а в качестве реальных данных использовались ряды чисел Вольфа и концентрации нуклидов  $^{14}\text{C}$ ,  $^{10}\text{Be}$ . В качестве примера, в работе приведены результаты улучшения регулярности временного ряда концентрации космогенного  $^{10}\text{Be}$ . Скалограмма, полученная для улучшенного сигнала, четко демонстрирует присутствие солнечно-обусловленной 11-летней компоненты, которая практически незаметна в исходном сигнале. Полученные результаты позволяют полагать, что предлагаемый метод улучшения регулярности является эффективным в тех случаях, когда: а) сигнал сильно зашумлен, б) природа шума неизвестна, в) нет информации о форме сигнала и шума. В комплексе с предложенным нами ранее мето-

дом заполнения пропусков в данных [3], он может успешно использоваться для предобработки косвенных данных.

- [1] Daoudi K., Levy Vehel J., Meyer Y. // Constructive Approximation, 1998, V.14, No. 3, P. 349.
- [2] Куандыков Е., Ким С., Макаренко Н. Г. // Нейроинформатика и ее приложения, 2001, Красноярск, С.115.
- [3] Dergachev V. A., Makarenko N. G., Karimova L. M., Danilkina E. B. // Geochronometria, 2001, V. 20, P. 45.

**О долговременной модуляции ГКЛ в гелиосфере на  
основе данных по содержанию космогенных изотопов  
в природных архивах**

*И. В. Кудрявцев<sup>1</sup>, Г. Е. Кочаров<sup>1</sup>, М. Г. Огурцов<sup>1</sup>,  
Х. Юнгнер<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> ФТИ им.А.Ф.Иоффе РАН, С-Петербург;  
*E-mail: Igor\_Koudriavtsev@pop.ioffe.rssi.ru,  
Grant.Kocharov@pop.ioffe.rssi.ru, Maxim.Ogurtsov@pop.ioffe.rssi.ru*

<sup>2</sup> Университет, Хельсинки, Финляндия;  
*E-mail: Hognе.Jungner@Helsinki.Fi*

Рассматриваются долговременные вариации галактических космических лучей в гелиосфере в прошлом на основе данных по содержанию космогенных изотопов Ве-10 и С-14 в природных архивах. В частности, эти данные показывают, что интенсивность ГКЛ имеет периодичность с периодом 180-200 лет, которая обусловлена цикличностью активности Солнца. При этом последний минимум интенсивности ГКЛ приходится на конец 20 века. Показано, что такое поведение интенсивности ГКЛ может быть объяснено временным изменением скрученности магнитного поля солнечного ветра, которая определяется изменяющейся со временем скоростью солнечного ветра.

## Наблюдательные признаки пространственной структуры альфа-эффекта в солнечной конвективной зоне

*К. М. Кузанын*

*ИЗМИРАН, г. Троицк, Московская обл.; E-mail: kuzanyan@dnttm.ru*

В теории динамо среднего поля альфа-эффект является важным механизмом регенерации магнитного поля. Эта псевдоскалярная величина тесно связана с основными свойствами мелкомасштабной турбулентности. Знания об альфа-эффекте в астрофизических динамо довольно ограничены, так как его нельзя наблюдать непосредственно. Однако мы можем получить некоторую косвенную информацию о его пространственном распределении посредством современных методов наблюдения солнечных магнитных полей и гелиосейсмологии.

Первоначально альфа-эффект связывали со средней спиральностью мелкомасштабной турбулентной скорости. К сожалению, эту скорость трудно обнаружить по имеющимся наблюдениям, хотя последние гелиосейсмологические исследования и дали некоторые результаты. Альфа-эффект может быть также связан со спиральностью магнитных полей. Таким образом, были проведены наблюдения токовой спиральности и закрученности магнитных полей в солнечных активных областях, которые выявили пространственную структуру признаков альфа-эффекта.

Обнаруженное распределение признаков альфа-эффекта, основанных на спиральных свойствах магнитных полей, показывает, что, как и следовало ожидать исходя из предыдущих теоретических оценок, этот эффект асимметричен относительно солнечного экватора. Это подтверждается и рядом наблюдательных результатов. Далее, мы используем длинные серии наблюдений спиральных свойств магнитных полей в солнечных активных областях и связываем их с временной динамикой и дрейфом активных областей в солнечной фотосфере. Это позволяет определить зависимость признаков альфа-эффекта от скорости вращения активных областей. Сопоставляя эту зависимость с законом внутреннего вращения солнечной конвективной зоны, известным из гелиосейсмологических исследований, мы можем установить распределение альфа-эффекта с глубиной. Оказывается, что альфа-эффект меняет величину и, даже, знак у основания конвективной зоны, что согласуется с теоретическими расчетами и результатами численного моделирования спиральности магнитных полей и полей скоростей в конвективной зоне.

Результаты данного исследования позволяют лучше понять пространственную структуру альфа-эффекта и могут быть использованы для построения простых моделей динамо, которые, тем не менее, описывают основные свойства наблюдаемой магнитной активности на Солнце.

**Крупномасштабные структуры повышенной яркости на  
диске Солнца в ядре линии HeI 10830Å по  
наблюдениям с узкополосным фильтром**

*Е. С. Кулагин, В. В. Куприянов*

*Главная астрономическая обсерватория РАН, С.-Петербург;  
E-mail: galkin@gao.spb.ru*

Разработана методика получения изображений крупномасштабной структуры повышенной яркости на диске Солнца в ядре линии HeI 10830Å. Повышенная яркость в ядре линии гелия является основным признаком корональных дыр [1]. Для получения монохроматических изображений использовался Узкополосный перестраиваемый фильтр с полушириной полосы пропускания 0,30Å [2]. При одновременном наблюдении всего диска Солнца, объективом телескопа служила небольшая линза. При этом угловое разрешение уменьшалось до 20". Для регистрации изображений использовалась ПЗС-камера ST-6. Выдержка при получении фильтрограммы равнялась 1 секунде.

Для снятия потемнения к краю В. В. Куприяновым написана специальная компьютерная программа. В ней использована функция потемнения, предложенная в работе Е. А. Макаровой с сотрудниками [3]. После снятия потемнения, программа находит средний уровень яркости по диску Солнца и позволяет высвечивать структуры с яркостью, превышающей среднюю на заданную величину.

Приводятся изображения диска Солнца в ядре линии HeI 10830Å и полученные таким образом крупномасштабные структуры повышенной яркости. Для сравнения приводится изображение диска в мягком рентгене со спутника YONKON и предварительная карта корональных дыр обсерватории Kitt Peak.

Фильтровые наблюдения имеют неоспоримые преимущества перед наблюдениями со сканированием. Монохроматическое изображение получается значительно быстрее, и в нем не содержится фотометрических ошибок, вызванных атмосферными мерцаниями.

Узкополосный фильтр и описанная методика будут использованы для изучения эволюции структур повышенной яркости на диске Солнца в ядре линии гелия. Они могут быть основой для организации наземной службы корональных дыр с привлечением их дополнительных признаков.

- [1] Маланушенко Е. В. // Изв. Крым. астроф. обсерватории, 1995. т.89, с.22.
- [2] Kulagin E. S. // Solar Phys., 1999. v.188, p.81.
- [3] Макарова Е. А., Рощина Е. М., Сарычев А. П. // Кинематика и физика небес. тел, 1990. т.6, с.21.

**Создание интерференционно-поляризационных  
фильтров (ИПФ) с экстремальными характеристиками  
и двумерные измерения доплеровских скоростей  
в солнечной атмосфере**

***Г. И. Кушталь, В. И. Скоморовский***

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

Классические ИПФ Лио-Омана, Шольца еще не исчерпали своих возможностей. Астрономы заинтересованы в контрастных и прозрачных ИПФ с узкой полосой пропускания. Теоретически возможно сконструировать такие фильтры, но на практике их создание ограничивается трудностями изготовления и контроля с высокой точностью более сотни кристаллических элементов. Описывается метод прецизионного изготовления элементов, в котором объединены процесс контроля и оптической обработки. Как пример приведена модернизация ИПФ на линию Ва II 4554 Å с полосой пропускания 0.08 Å. Найдено, что резонансная линия бария превосходна для получения с высоким разрешением доплеровских карт. Приведены изображения в крыльях линии и доплеровские карты.

**Магнитное поле Солнца как звезды: вариации модуля  
и знака**

***У. М. Лейко***

*Астрономическая обсерватория Киевского национального  
университета, Киев, Украина; E-mail: leiko@observ.univ.kiev.ua*

Из стэнфордского ряда магнитографических наблюдений общего магнитного поля Солнца (ОМПС) как звезды (1976-2001 гг.) выделены ряды знака и модуля ОМПС. В результате обработки этих рядов методами спектрального анализа обнаружены значительные отличия временных вариаций знака и модуля ОМПС как на всем исследуемом интервале, так и на временных интервалах длиной в один цикл. Наиболее мощные пики в спектре модуля ОМПС расположены в низкочастотной области. В 21 и 22 циклах их значения (10.27 лет и 8.22 лет) точно соответствуют значениям наиболее мощных пиков ряда дневных значений чисел Вольфа. В спектре знака ОМПС в низкочастотной области по мощности выделяется группа из пяти пиков, центральный из которых имеет значения 1.07 г. для всего исследуемого интервала, 0.95 г. и 1.05 г. для 21 и 22 циклов соответственно. Периодичности 10.27 лет и 8.22 лет в спектре знака ОМПС

отсутствуют, а наибольшую мощность имеет группа пиков в области периодов вращения с доминирующими пиками около 26.85 и 28.1 суток. В спектре модуля ОМПС эта группа с доминирующими пиками около 26.3 и 27.4 суток приблизительно в 20 раз слабее доминирующих пиков низкочастотной области и почти такой же мощности, как и группы пиков с периодами около 13.5, 9, 7 суток. Такие сильные различия свойств исследованных рядов дают повод предположить о различных источниках их формирования, а также сделать вывод о значительном вкладе сильных локальных полей (магнитных полей активных областей) на формирование сигнала магнитографа при наблюдении магнитного поля Солнца как звезды.

### **Рентгеновские вспышки на поздних субгигантах и на Солнце как результат эволюции крупномасштабных магнитных полей**

*И. М. Лившиц, М. А. Лившиц*

*ИЗМИРАН, Троицк; E-mail: ilusha@mail.ru*

Проведено численное моделирование газодинамических процессов на фазе спада нескольких длительных вспышек на субгигантах со спектральными классами, близкими к солнечному. Показано, что энергетика этих явлений и форма рентгеновской кривой блеска свидетельствуют о том, что они развиваются в звездных комплексах активности (соответствующие солнечные аналоги очень редки), а не являются динамическими вспышками, обусловленными чисто пост-эруптивным энерговыделением. Происхождение этих событий, безусловно, связано с развитием крупномасштабных магнитных полей.

### **Влияние солнечных магнитных полей на геомагнитное поле и климат**

*Н. И. Лозицкая*

*Астрономическая обсерватория Киевского университета, Киев,  
Украина; E-mail: nloz@observ.univ.kiev.ua*

Обработка данных визуальных измерений магнитных полей солнечных пятен, приведенных в бюллетене "Солнечные данные" за 1957-2001 г.

позволила найти среднегодовые значения напряженностей магнитного поля крупных пятен (диаметром 30-60 сек. дуги). Вариации модуля магнитных полей солнечных пятен коррелируют с вариациями модуля межпланетного магнитного поля и с вертикальной компонентой магнитного поля на поверхности Земли. Показано, что температура в северном полушарии Земли зависит от величины гелио- и геомагнитного поля.

### **Как обнаружить взаимосвязь двух динамических систем по временным рядам**

*Н. Г. Макаренко, Л. М. Каримова, С. А. Ким*

*Институт Математики, Алма-Ата; E-mail: chaos@math.kz*

При исследовании взаимной связи Солнечной активности и климата типичной задачей является верификация связи между двумя динамическими системами, представленными наблюдаемыми: сигналами (временными рядами) или реализациями — потоком событий во времени. В докладе обсуждаются ограничения и преимущества различным мер синхронизации, на примерах реальных данных. В большинстве случаев, экспериментальные данные различны по длине, масштабу, имеют пропуски и загромождены шумом неизвестной природы. Традиционный подход для диагностики взаимодействия динамических систем по скалярным рядам сводится к получению симметричных оценок взаимной связи: кросс-корреляции, когерентности, взаимной информации. Основной проблемой при этом являются нестационарность рядов и наличие пропусков в данных. В последнее время популярны нелинейные меры синхронизации, основанные на оценках непрерывности отображения локальной окрестности фазовой точки одной системы, на синхронную окрестность другой системы. В основе этих методов лежит реконструкция псевдоаттракта, полученная по временным рядам с помощью алгоритма Такенса. Одним из вариантов таких мер являются графики кросс-рекуррентности. И в этом случае существенным ограничением является нестационарность, шумы и наличие пропусков в данных. Специальная предобработка с привлечением методом хаотической динамики и нейроматематики [1, 2] позволяет улучшить ситуацию. Используя нелинейные методы можно построить несимметричные меры обобщенной синхронизации. Они позволяют иногда оценить направление связей в сложной системе driver-response.

- [1] Дергачев В. А., Макаренко Н. Г. и др. // Известия РАН, сер. физ. 2001, т.65. p.391.
- [2] Dergachev V. A., Makarenko N.G., et al // Geochronometria, 2001, v.20, p.45.

## Особенности активности 23-го полярного цикла Солнца

*В. И. Макаров, В. В. Макарова*

*Кисловодская Горная Станция ГАО РАН*

Выполнен анализ среднемесячных значений числа полярных факелов и площадей пятен за период с 1990 по 1999 годы по наблюдениям Солнца в белом свете на Горной станции ГАО РАН. Выделены сильные флуктуации полярной и пятенной активности и проведено их сравнение в течение цикла 23. Особенности полярного цикла 23 состоят в следующем: 1. В северном и южном полушариях Солнца на высоких широтах наблюдалась достаточно высокая синхронность всплесков активности во времени. 2. Тем не менее, в 23-м полярном цикле наблюдалось некоторое преобладание активности на южных широтах. 3. Цикл изменения числа полярных факелов имеет ярко выраженную двухвершинность. 4. Цикл полярной активности предшествует циклу активности пятен. 5. Циклы среднемесячных чисел полярных факелов и среднемесячной площади пятен смещены по времени на 7.6 лет, вместо 5.6-6.0 лет для предыдущих трех циклов в период с 1960 по 1990 год.

## Полярная и низкоширотная активность солнца в период с 1907 по 1990 год по данным наблюдений в линии К СаII

*В. И. Макаров<sup>1</sup>, А. Г. Тлатов<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН*

<sup>2</sup>*Кисловодская Горная станция ГАО; E-mail: solar@narzan.com*

Выполнена компьютерная обработка ежедневных наблюдений Солнца в линии *KCaII* в обсерватории Кодайканал (Индия) за период с 1907 по 1990 год. Выделены кальциевые флоккулы и яркие точки. Использована процедура автоматического выделения границ областей, контраст которых превышал уровень спокойного Солнца на некоторую заданную величину. Определены параметры выделенных элементов, такие как координаты, площадь, угол наклона к экватору и др. Построены распределения характеристик выделенных структур по широте и по времени. Показано, что на средних и низких широтах *K-CaII* индекс практически совпадает с индексом активности по солнечным пятнам. На высоких широтах яркие кальциевые точки формируют полярную ветвь активности в периоды между реперлюсовками магнитного поля. Показано присутствие в полярной активности Солнца как 11-летнего, так и 22-летнего цикла. В

отличие от активности на низких широтах, четные 11-летние циклы полярной активности выше нечетных. В пределах одного полярного цикла наблюдается два широтных дрейфа активности: в первой половине цикла наблюдается дрейф к полюсам и во второй половине имеет место слабо выраженный дрейф к экватору.

### **Duration of polar activity cycles and their relation to sunspot activity**

*V. I. Makarov<sup>1</sup>, A. G. Tlatov<sup>1</sup>, K. R. Sivaraman<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Pulkovo Astronomical Observatory, Saint Petersburg, 196140, Russia*

<sup>2</sup>*Indian Institute of Astrophysics, Bangalore, 560034, India*

The epochs of the polarity reversals of the magnetic field at the poles of the Sun have been determined by decomposing two independent data series into spherical harmonic low degree l-modes: one, the H-alpha synoptic charts covering the period 1870-2001 and the second, the Stanford synoptic magnetic maps for the years 1976-2001. It was shown that the reversals for the magnetic dipole configuration ( $l = 1$ ) and the octopole configuration ( $l = 3$ ) occur on an average in  $3.3 \pm 0.5$  and  $4.1 \pm 0.4$  years respectively after the sunspot minimum according to the H-alpha synoptic charts, while the corresponding average periods are  $3.3 \pm 0.1$  and  $2.5 \pm 0.3$  years according to the Stanford magnetograms. The epochs of polarity reversals estimated directly from Stanford magnetograms occur on an average  $2.4 \pm 0.2$  years from sunspot minimum, which seems as though at the time of reversal, the Sun presents an octopole configuration in magnetic topology. In contrast to all these, if we set the time of the final disappearance of the polar crown filaments (determined from the latitude migration of filaments) as the criterion for deciding the epoch of the polarity reversal of the polar fields, then the reversal occurs on an average  $5.8 \pm 0.6$  years from sunspot minimum. We consider this as the most reliable diagnostic for fixing the epoch of reversals, as the final disappearance of the polar crown filaments can be observed without ambiguity. Using this criterion we define the duration of polar magnetic activity as the time interval between two successive polar reversals. We show that shorter the duration of the polar activity cycle (i.e. the shorter the duration between two neighbouring reversals), the more intense is the next sunspot cycle. We also notice that the duration of polar activity is always more in even solar cycles than in odd cycles whereas the maximum Wolf numbers  $W_{\max}$  is always higher for odd solar cycles than for even cycles. Furthermore, we find there is a secular change in the duration of the polar cycle. It has decreased by  $\sim 1.2$  times during the last 120 years.

**Polar faculae and sunspot cycles concerning secular  
variation of polar magnetic flux**

**V. I. Makarov<sup>1</sup>, A. G. Tlatov<sup>1</sup>, D. C. Callebaut<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Pulkovo Astronomical Observatory, Saint Petersburg, 196140, Russia;  
E-mail: makarov@gao.spb.ru*

<sup>2</sup>*Physics Depart., UIA, Univ. of Antwerp, B-2610, Antwerp, Belgium*

Recently it was found a secular decrease of the latitude of the zone boundary of the magnetic field between the polar faculae and sunspot butterfly diagrams from 53° in 1878 down to 38° in 1996,[1], [2]. Secular and cycle variations of the polar magnetic flux and polar corona temperature of the Sun, cosmic rays, geomagnetic index aa and temperature of the oceans on the Earth will be presented. A doubling of the area of the Sun's polar caps, occupied by uni-polar magnetic field, will be discussed. The causes of the waxing and waning of the Sun's activity in conditions like Maunder Minimum are discussed.

[1] Makarov V. I. // Solar Phys., 1994, v.150, p.359.

[2] Makarov V. I., Tlatov A. G., Callebaut D. K., Obridko V. N. // Solar Phys., 2002, (in press).

**Об уменьшении высоты полярного кольца  
протуберанцев в период смены знака магнитного  
поля Солнца**

**В. И. Макаров<sup>1</sup>, Б. П. Филиппов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,  
Санкт-Петербург, 196140, Россия; E-mail: makarov@gao.spb.ru*

<sup>2</sup>*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения  
радиоволн, Троицк, 142092, Россия; E-mail: bfilip@izmiran.troitsk.ru*

Обсуждаются результаты анализа ежедневных наблюдений полярных протуберанцев в обсерватории Кодайканал (Индия) в период смены знака магнитного поля Солнца с 1905 по 1975 год (11-летние циклы с 14 по 20). Наблюдения показывают уменьшение высоты полярного кольца протуберанцев в процессе его дрейфа к полюсу. Для Солнца получена предельная (критическая) высота равновесия протуберанцев из условия устойчивости

волокон, обладающих сильным электрическим током. Показано, что переход от крупномасштабного поля к мелкомасштабному уменьшает критическую высоту, выше которой равновесие магнитного волокна невозможно. Полученный результат используется для объяснения уменьшения более чем вдвое высоты полярного кольца протуберанцев в период его дрейфа к полюсам. В расчетах используется модель волокна инверсной полярности (магнитный жгут).

### **Взаимосвязи вариаций потока мягкого рентгеновского излучения Солнца и вспышечной активности**

*Е. В. Милецкий<sup>1</sup>, П. Б. Дмитриев<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Главная астрономическая обсерватория РАН, С.-Петербург;  
E-mail: *milet@gao.spb.ru*

<sup>2</sup> ФТИ им. А.Ф.Иоффе РАН, С.-Петербург;  
E-mail: *Paul.D@pop.ioffe.rssi.ru*

На основе патрульных измерений потока мягкого рентгеновского излучения Солнца в двух диапазонах длин волн 1.0-8.0 и 0.5-4.0 Å, выполненных на геостационарных спутниках GOES-6,7,8 в периоды 22-го и 23-го циклов солнечной активности синтезированы ряды ежедневных и среднеоборотных значений соответствующих характеристик рентгеновской активности Солнца X10 и X05.

Анализ взаимосвязей между рядами среднеоборотных значений этих характеристик и других индексов солнечной активности при исключении 11-летней компоненты показывает наиболее высокую корреляцию с индексом вспышечной активности. Подобный анализ на интервале 1998-2001 гг. был проведен и для рядов ежедневных значений индексов. В этом случае вспышечная активность характеризовалась отдельно индексами как оптического так и рентгеновского диапазона длин волн. Оказалось, что обе характеристики мягкого рентгеновского излучения (X10 и X05) демонстрируют наиболее тесную взаимосвязь (коэффициенты корреляции соответственно 0.75 и 0.82). именно с рентгеновским индексом вспышечной активности. При построении же моделей выражающих наиболее оптимальным образом рентгеновские характеристики через другие индексы алгоритм отбора включает в соответствующие уравнения оба вспышечных индекса.

Установленный факт высокой степени взаимосвязи с одной стороны вспышечной активности, представляющей собой набор дискретных событий, а с другой стороны потока "мягкого рентгена" как непрерывной величины, позволяет заключить, что: и вспышечная активность, и связанные с

ней процессы перестройки солнечных магнитных полей, как правило, сопровождаются на Солнце генерацией мягкого рентгеновского излучения.  
Работа выполнена при поддержке гранта INTAS 2000-752

### **Реконструкция основных характеристик крупномасштабного магнитного поля Солнца в 20-м веке**

*Е. В. Милецкий, В. Г. Иванов*

*Главная астрономическая обсерватория РАН, С.-Петербург;  
E-mail: [milet@gao.spb.ru](mailto:milet@gao.spb.ru), [ivanovv@gao.spb.ru](mailto:ivanovv@gao.spb.ru)*

Построен комплекс моделей, связывающий среднегодовые значения основных энергетических характеристик крупномасштабного магнитного поля Солнца по данным измерений Стэнфорда на интервале 1976-1989 гг. с аналогичными характеристиками, полученными по синоптическим Н-альфа картам, а также с индексами солнечной и геомагнитной активности. Полученные модели характеризуются достаточно высокой точностью и небольшим числом входных переменных.

На основе полученных моделей проведена реконструкция энергетических характеристик крупномасштабного магнитного поля Солнца на интервале 1915-1975 гг. С целью проверки качества реконструкции по полученным рядам были синтезированы те индексы солнечной и геомагнитной активности, для которых по указанному интервалу времени имеются наблюдательные данные. Сравнение синтезированных и реальных данных позволило сделать вывод о хорошем качестве реконструкции.

На последнем этапе во всех рядах было произведено выделение долговременных трендовых компонент. Их анализ дает основания считать, что начиная с 1915 года и до конца 50-х годов основные параметры крупномасштабного магнитного поля, характеризующие магнитные поля как закрытых, так и открытых конфигураций, а также индексы пятенной и геомагнитной активности, имели явно выраженную тенденцию к росту. Это позволяет сделать вывод о глобальном увеличении интенсивности солнечных магнитных полей на этом временном интервале. По всей вероятности такое увеличение связано с фазой роста векового цикла солнечной активности.

Работа выполнена при поддержке грантов INTAS 2000-752 и 2001-550

## Новый индекс магнитных полей солнечных пятен

*Е. В. Милецкий<sup>1</sup>, Ю. А. Наговицын<sup>1</sup>, И. Бембеева<sup>2</sup>,  
Т. Федорова<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Главная астрономическая обсерватория РАН, С.-Петербург;  
*E-mail: milet@gao.spb.ru, nag@gao.spb.ru*

<sup>2</sup> Калмыцкий госуниверситет, Элиста

По данным измерений максимальных напряженностей магнитных полей пятен на различных станциях Службы Солнца СССР (ГАО, КрАО, ИЗМИРАН и др.) на интервале 19-20 циклов солнечной активности (1957–1974 гг.) отдельно для каждой станции вычислены среднегодовые значения напряженностей. Случайные ошибки таких значений не превышают 80 Гс.

Выполнена процедура приведения полученных таким образом рядов к единой системе. В качестве опорного выбран пулковский ряд наблюдений. Показано, что величина нового индекса солнечной активности — среднегодовых значений максимальных напряженностей магнитных полей солнечных пятен в пулковской системе ( $H_m$ ) — изменяется со временем в соответствии с ходом 11-летнего цикла. При этом вблизи минимума цикла для значений среднегодовой площади пятен  $S < 300$  мдп среднегодовые величины индекса  $H_m$  пропорциональны  $S$  и изменяются от 1850 до 2100 Гс. Для  $S > 300$  мдп вариации индекса  $H_m$  испытывают незначительные колебания вблизи 2100 Гс.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 01-07-90289 и гранта INTAS 2000-752

## Активные долготы и северо-южная асимметрия активности Солнца как проявления реликтового магнитного поля

*А. В. Мордвинов, Л. Л. Кичатинов*

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

По синоптическим картам обсерватории Вилкокса построены суперпозиции фотосферных магнитных полей для циклов активности 21, 22 и 23. Полученные суммарные распределения характеризуют частоту встречаемости положительной и отрицательной полярностей и наглядно показывают основные пространственные закономерности фоновых магнитных

полей в отдельных циклах активности: северо-южную асимметрию крупномасштабного магнитного поля, его полярный дрейф и обращение полярностей от цикла к циклу. В долготном распределении фоновых магнитных полей обнаружены устойчивые структуры как с дипольным так и с квадрупольным распределением полярностей в приэкваториальной области. Так в цикле 21 в северном полушарии положительная полярность доминирует в интервалах гелиографических долгот  $345^\circ - 20^\circ$ ,  $47^\circ - 76^\circ$ ,  $115^\circ - 165^\circ$ ,  $245^\circ - 320^\circ$ , а в южном полушарии доминирует отрицательная полярность в интервалах долгот  $335^\circ - 60^\circ$  и  $135^\circ - 237^\circ$ . Тогда как в цикле 22 в северном полушарии доминирует отрицательная полярность в интервалах долгот  $355^\circ - 104^\circ$  и  $151^\circ - 200^\circ$ , а в южном полушарии доминирует положительная полярность в интервалах долгот  $99^\circ - 165^\circ$ ,  $182^\circ - 228^\circ$ ,  $252^\circ - 290^\circ$  и  $335^\circ - 20^\circ$ . Распределение доминирующих полярностей в приэкваториальной области, как правило, противоположно по знаку относительно экватора и меняется от цикла к циклу на противоположное. Несмотря на чередование полярностей в циклах 21 – 23 наиболее устойчивые и мощные структуры приходится на антиподальные гелиографические долготы. На качественном уровне такое поведение можно объяснить наложением циклического динамо-поля, генерируемого в солнечной конвективной оболочке, и стационарного реликтового магнитного поля, закоренного в твердотельно вращающейся лучистой зоне.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект 02-02-16044 и INTAS-2001-0550.

### **Крупномасштабная структура гелиосферы и потоки протонов**

*А. В. Мордвинов, Л. А. Плюснина*

*Институт солнечно-земной физики, Иркутск;*

*E-mail: avm@iszf.irk.ru, lplus@iszf.irk.ru*

Крупномасштабное магнитное поле Солнца, его эволюция и реструктуризация в течение 11-летнего цикла определяют развитие активности и крупномасштабную структуру гелиосферы. Показано, что на основании изучения изменений Среднего Магнитного Поля Солнца (СМПС) в долготно-временном аспекте можно уверенно оценить положение крупномасштабной Линии Раздела Полярностей (ЛРП) в приэкваториальной области короны Солнца, проследить продолжение ЛРП в межпланетном магнитном поле. Многомодовый характер вращения фоновых магнитных

полей, сложное поведение ЛРП, переполюсовки полярного магнитного поля во многом определяют проявления активности на Солнце и в гелиосфере. В частности, изучение распределения вспышек по гелиографической долготе показало заметную концентрацию вспышечной активности к крупномасштабной ЛРП, их причинную связь с эволюцией и вращением фоновых магнитных полей. В соответствии с этим, долготно-временная диаграмма СМПС и аналогичные диаграммы, определяющие положение ЛРП в короне на поверхности квазиисточника и в межпланетном пространстве, имеют одинаковую структуру с учетом транспортного времени. По данным каталога спутниковых измерений OMNI в долготно-временном аспекте изучены также изменения потока протонов с энергией выше 1 МэВ. Изменения в распределении потоков протонов, связанных с мощными солнечными вспышками, показывают значительную концентрацию протонных событий вблизи ЛРП на диаграмме “долгота-время” и выявляют интервалы гелиографических долгот, внутри которых сосредоточены протонные вспышки.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект 02-02-16044 и INTAS-2001-0550.

**Вариации высотных профилей температуры  
атмосферного давления и скорости ветра,  
наблюдаемые на высокоширотных станциях во время  
Форбуш-понижений потоков ГКЛ**

*А. Л. Морозова, Е. В. Денисов, С. Н. Архипов,  
М. И. Пудовкин*

*НИИ Физики, С.-Петербургский Государственный Университет,  
С.-Петербург; E-mail: anita@geo.phys.spbu.ru*

В работе исследованы вариации высотных профилей атмосферного давления, температуры воздуха и скорости ветра на высокоширотных североатлантических станциях (Дания, Гренландия, Исландия, Фарерские о-ва и о-в Ян-Майен), связанные с Форбуш-понижениями интенсивности потоков галактических космических лучей (ГКЛ).

Отмечено, что характер вариаций метеопараметров существенным образом зависит не только от географического и климатического положения той или иной точки наблюдения, но и от погодных условий в период развития Форбуш-понижения, а именно: циклонические (пониженное давление) или антициклонические (повышенное давление) условия имели место в период, предшествовавший Форбуш-понижению.

## Об “Истории” солнечной активности на большой временной шкале

*Ю. А. Наговицын*

*Главная астрономическая обсерватория РАН, С.-Петербург;*

*E-mail: nag@gao.spb.ru*

В последнее время в связи с фиксируемыми сильными изменениями земного климата широко дискутируется вопрос об относительной роли в этих изменениях техногенных и солнечно-обусловленных факторов. Исследования по солнечно-земным связям как необходимый атрибут должны содержать достоверные и разнообразные сведения о различных характеристиках солнечной активности (СА) за большой промежуток времени. Приводится сводка наблюдательных данных о долговременном поведении СА, полученных из различных источников данных — архивов “истории” солнечной активности. Эти архивы могут быть по охватываемому ими временному промежутку подразделены на долгосрочные ( $\sim n \cdot 10^2$  лет), сверхдолгосрочные ( $\sim n \cdot 10^3$  лет) и ультрадолгосрочные ( $> 10^4$  лет). К архивам первого типа принадлежат данные о СА, относящиеся, как правило, к непосредственным наблюдениям Солнца. Эти данные представляют различные пространственные компоненты солнечного магнитного поля. Именно на них основаны разнообразные “законы” и “правила” солнечной активности: Швабе-Вольфа, Шперера, Гневышева-Оля, Вебера и т.п. В последнее время предприняты попытки продления рядов индексов солнечной активности на более протяженные промежутки времени, что необходимо как для проверки наших представлений о ней, так и для обобщений этих представлений. Архивы второго типа представляют собой косвенные данные о СА, полученные с одной стороны — путем измерения содержания космогенных изотопов в кольцах деревьев, полярных льдах, а с другой — найденные в исторических хрониках заметки о наблюдениях в прошлом полярных сияний и крупных пятен, видимых невооруженным глазом. Взаимная коррекция этих данных позволяет составить хотя и не такое детальное, как за последние несколько сотен лет, но зато гораздо более обширное с точки зрения длительных изменений — представление о СА. Архивы третьего типа представляют собой геологические данные по толщинам слоев ленточных глин, лишь гипотетически связанных с СА. Рассматриваются некоторые аналогии последовательностей толщин варв позднедокембрийской формации Элатина (Австралия) и временной структуры солнечной активности.

Работа выполнена при поддержке грантов INTAS 2000-752, 2001-550, программы “Астрономия” Минпромнауки РФ и программы Президиума РАН N 15.

## О связи АА-индекса с индексами солнечной активности

*Ю. А. Наговицын*

*Главная астрономическая обсерватория РАН, С.-Петербург;*

*E-mail: nag@gao.spb.ru*

Предложен метод кратномасштабной регрессии (Multi-Scale Regression — MSR), позволяющий выявлять и учитывать возможные связи между временными рядами, корреляция между которыми различна для разных временных шкал. Метод основан на построении многомерных регрессионных моделей в пространстве вейвлет-коэффициентов рядов с последующим обратным вейвлет-преобразованием.

Для анализа связи временных изменений АА-индекса с изменениями индексов солнечной активности использована база их продленных в прошлое среднегодовых значений, полученная автором ранее. Использовались 6 индексов: суммарные площади пятен  $S$ , средние широты зоны пятнообразования  $F$ , числа полярных факелов  $P$ , а также значения северной асимметрии для  $S$ ,  $F$ ,  $P$ :  $QS$ ,  $QF$  и  $QP$ . Из рядов были вычтены средние значения, и они были нормированы к своим стандартам.

Получены следующие результаты:

а) Наибольшую корреляцию с АА-индексом в целом показывают суммарные площади пятен, однако регрессионные коэффициенты различны для разных временных шкал.

б) Для временной шкалы 11-летнего цикла значимый вклад в дисперсию вносят также средние широты пятен, причем коэффициент регрессии имеет знак минус, так что в соответствии с разумными соображениями меньшим широтам зоны пятнообразования соответствуют большие значения АА. Для 22-летнего цикла значимыми являются вариации индексов  $S$  и  $QS$ .

в) Для временной шкалы векового цикла значимый вклад в корреляцию дают индексы  $S$ ,  $F$ ,  $P$  и  $QS$ , так что вековой цикл носит универсальный характер для различных компонент солнечного магнитного поля.

г) Индексы N-S асимметрии  $QF$  и  $QP$  не участвуют в формировании вариаций АА-индекса ни на одном из временных масштабов.

Построенная количественная кратномасштабная многомерная регрессионная модель позволила представить поведение АА-индекса на временном интервале 1868-1985 гг. через солнечные индексы с весьма высоким коэффициентом корреляции 0.90.

Кроме того, методом MSR построена также “облегченная” модель, основанная на рядах индекса площадей пятен и его первой временной производной. Эта модель, обеспечивающая описание вариаций сглаженных за три точки среднегодовых значений АА-индекса с коэффициентом корреляции

ляции 0.87, позволила составить эпингроз его поведения, начиная с 1821 года.

Работа выполнена при поддержке грантов INTAS 2000-752, 2001-550, программы “Астрономия” Минпромнауки РФ и программы Президиума РАН N 15.

### **Метод кратномасштабных регрессий и модель среднегодовых чисел Вольфа с начала XVI века**

*Ю. А. Наговицын, К. Г. Иванова*

*Главная астрономическая обсерватория РАН, С.-Петербург;  
E-mail: nag@gao.spb.ru*

В сообщении рассматривается попытка восстановления значений основного индекса солнечной активности — чисел Вольфа — за пять веков по известному ряду Стюйвера концентрации радиоуглерода в годовых кольцах деревьев. Для этого использована нелинейная модификация метода MSR (multi-scale regression) — кратномасштабных регрессий в пространстве вейвлет-коэффициентов сравниваемых рядов. В работе использовался Симплет-вейвлет 6-го порядка. Методика отработана на задаче перехода от индекса цюрихских чисел Вольфа к индексу гринвичских суммарных площадей пятен. Применение метода к основной задаче позволило восстановить среднегодовой ход солнечной активности по ряду радиоуглерода с коэффициентом корреляции 0.8.

Работа выполнена при поддержке грантов INTAS 2001-550, программы “Астрономия” и программы Президиума РАН N 15.

### **О некоторых новых свойствах флуктуаций яркости солнечной фотосферы**

*Ю. А. Наговицын, Е. Ю. Наговицына, О. В. Окунев,  
Л. М. Правдюк*

*Главная астрономическая обсерватория РАН, С.-Петербург;  
E-mail: nag@gao.spb.ru*

Флуктуации яркости (ФЯ) невозмущенной фотосферы Солнца изучены с применением целого ряда современных математических методов, позволяющих рассматривать это явление с новых точек зрения.

Рассмотрена масштабная инвариантность пространственного распределения ФЯ. Подход основан на изучении характера ветвления фазовой

картины 1D-вейвлет-преобразования при изменении пространственного периода. Получено, что пространственное распределение гранул сохраняет масштабную инвариантность на интервале размеров от приблизительно 0.2 до 3-4 секунд дуги. Для больших размеров распределение ФЯ теряет фрактальные свойства. Этот факт позволяет обосновать значение предельного диаметра гранулы как физического объекта.

С применением вейвлета Морле шестого порядка для серии одномерных разрезов ФЯ построена зависимость “пространственная частота – интенсивность”. Ее верхняя огибающая имеет выраженный слабонелинейный резонансный пик, соответствующий размерам 2.5-5 секунд дуги и избытку температуры в грануле 500 К. Метод строго анизотропного 2D-вейвлет-преобразования применен для изучения упорядоченности распределения ФЯ для различных масштабов. Такой подход позволил получить изображения фотосферы Солнца в новом канале: пространственной когерентности, который наряду с каналами интенсивности, скорости и т.п., дает описание новых физических свойств грануляции. Показано, что для масштаба 3 – 3.5 секунды дуги отдельные ФЯ образуют участки когерентности протяженностью до 30-40".

Работа выполнена при поддержке грантов INTAS 2000-752, 2001-550, программы “Астрономия” Минпромнауки РФ и программы Президиума РАН N 15.

### **Меридиональный дрейф крупномасштабных магнитных полей на Солнце**

***В. Н. Обриджо, Б. Д. Шельтинг***

*ИЗМИРАН, г. Троицк, Московской обл., Россия;  
E-mail: solterizmiran.troitsk.ru*

Показано, что меридиональный дрейф крупномасштабных полей начинается непосредственно из экваториальной зоны и занимает 15–16 (или по другой оценке 16–17) лет, то есть три четверти 22-летнего цикла. Обратный ход, который непосредственно нами не наблюдается, занимает 5–6 лет. В эти 5–6 лет на поверхности дрейф практически равен нулю. Затем он резко убыстряется и его скорость составляет более 10 м/с. На широтах 30–50 градусов наступает резкое замедление дрейфа, возникает область стагнации. Здесь скорость не превышает нескольких м/с. В еще более высоких широтах снова устанавливается быстрый дрейф. Область стагнации совпадает с областью, где радиальный градиент скорости вращения в конвективной зоне близок к нулю.

Проведено сопоставление с гелиосейсмологическими данными о вращении в конвективной зоне и предложена модель с учетом некоторых результатов теории динамо.

### **Солнечная активность, космические лучи и вековые колебания климата**

*М. Г. Огурцов<sup>1</sup>, Г. Е. Кочаров<sup>1</sup>, Х. Юнгнер<sup>2</sup>,  
М. Линдхольм<sup>3</sup>, М. Эронен<sup>2</sup>, Ю. А. Наговицын<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> *Физико-технический институт им. А.Ф.Иоффе РАН (Россия)*

<sup>2</sup> *Университет Хельсинки (Финляндия)*

<sup>3</sup> *Центр исследований окружающей среды (Финляндия)*

<sup>4</sup> *Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН  
(Россия)*

Проведен комплексный статистический анализ различных индикаторов изменений солнечной активности и климата (древесно-кольцевые реконструкции температуры, исторические хроники солнечной активности, космогенные изотопы  $^{14}\text{C}$  и  $^{10}\text{Be}$ ) на тысячелетней шкале времени. Обнаружено, что обе указанные величины испытывают вековые колебания с периодами 55-80 лет и 100-130 лет. Показано, что общий вековой ритм, присутствующий в температуре Северного Полушария вероятнее всего связан с модулирующим воздействием активности Солнца. Проведено обсуждение возможных механизмов, при помощи которых Солнце может изменять климат Земли. Показано, что агентом, реально передающим влияние Солнца в нижнюю атмосферу Земли, могут быть высокоэнергичные галактические космические лучи, эффективно модулирующиеся солнечной активностью.

**О возможной связи вековых вариаций климата  
Северной Фенноскандии с соответствующими  
колебаниями химического состава верхней атмосферы**

*М. Г. Огурцов<sup>1</sup>, Г. Е. Кочаров<sup>1</sup>, Х. Юнгнер<sup>2</sup>,  
М. Линдхольм<sup>3</sup>, М. Эронен<sup>2</sup>, Ю. А. Наговицын<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> *Физико-технический институт им. А.Ф.Иоффе РАН (Россия)*

<sup>2</sup> *Университет Хельсинки (Финляндия)*

<sup>3</sup> *Центр исследований окружающей среды (Финляндия)*

<sup>4</sup> *Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН  
(Россия)*

Проведен совместный анализ данных по концентрации нитратов (ионов  $\text{NO}_3^-$ ) во льду Гренландии и летней температуре в Северной Фенноскандии за последние 1500 лет, чисел Вольфа за период 1700-2000 гг. Показано, что концентрация нитратов имеет вековую ( $T \approx 110$  лет) периодичность, опережающую по фазе соответствующую вариацию чисел Вольфа на 17 лет, и хорошо согласованную (нулевой фазовой сдвиг) с вековым ритмом земной температуры. Синхронизация вековых цикличностей в нитратах и температуре особенно выражена в регионе Северной Фенноскандии, где она существует на протяжении более 1000 лет. Поскольку ионы  $\text{NO}_3^-$  образуются в верхней атмосфере Земли в цепочке реакций с участием окислов азота  $\text{NO}_x$  и различных ионов ( $\text{O}_2^-$ ,  $\text{O}_3^-$ ), обнаруженная связь может означать наличие зависимости между химическим составом и ионизацией верхней атмосферы с одной стороны и температурой в высокоширотных районах Земли с другой. Обсуждается возможный механизм подобной зависимости, связанный с воздействием на земную атмосферу высокоэнергичных солнечных и галактических космических лучей.

**О взаимосвязи явлений различных масштабов  
в солнечных вспышках**

*А. Р. Осокин, М. А. Лившиц, В. А. Чернетский*

*ИЗМИРАН, 142190 М.О. г. Троицк; E-mail: arno@sai.msu.ru,  
livshits@izmiran.troitsk.ru*

Солнечная вспышка является весьма сложным явлением, в котором развиваются процессы различных пространственных и временных масштабов. А именно — динамическая активность в полутени и в непосредственной близости от пятна, импульсные вспышки, типичные (двухленточные) вспышки и длительные события со сложной пространственно-временной структурой. Результаты спутника TRACE в линиях, образу-

щихся в переходной области или в нижней короне показывают, что развитию импульсной вспышки близ данного пятна предшествует выраженная активность в его полутени. В работе далее связь между импульсными явлениями и последующим развитием типичной системы высоких корональных петель изучается путем сравнения мягкого (спутники серии GOES) и жесткого (прибор BATSE Комптоновской обсерватории — GRO) рентгеновского излучения. Показано, что во-первых, данные о мягком рентгеновском излучении 19000 вспышек позволяют надежно выделить три класса явлений с полной длительностью до 20 минут, до 60 минут, в некоторых случаях 100 минут, и небольшого количества более длительных событий. Во-вторых, сравнение явлений в жестком и мягком рентгене показало, что достаточно мощные импульсы как правило сопровождаются последующим формированием системы вспышечных корональных петель. Кроме того, появление самых длительных событий связывается с энерговыделением в крупномасштабных магнитных полях, инициируемых корональным выбросом массы (CME) и приводящих к выбросу системы гигантских петель (в динамических вспышках) или к развитию явлений со сложной пространственно-временной структурой в комплексах активности.

Таким образом, рентгеновские наблюдения дают определенные указания на то, что явления различных масштабов действительно связаны между собой в ходе развития мощных сложных вспышечных процессов.

### **Определение аппаратной функции по наблюдениям спокойного края солнечного диска**

*К. В. Парчевский*

*Крымская астрофизическая обсерватория, пос.Научный, Крым;*

*E-mail: KParchevsky@solar.Stanford.EDU*

В данной работе предлагается непараметрический метод восстановления аппаратной функции по наблюдениям солнечного лимба. Полученная таким образом аппаратная функция может быть использована для восстановления изображения протуберанцев. Наблюдаемое изображение  $f(x, y)$ , восстанавливаемое изображение  $g(x', y')$  и аппаратная функция (ядро)

$K(x, y)$  удовлетворяют следующему интегральному уравнению Фредгольма первого рода

$$\iint_D K(x - x', y - y') g(x', y') dx' dy' = f(x, y),$$

которое решается либо относительно  $K(x, y)$  при восстановлении аппаратной функции, либо относительно  $g(x, y)$  при восстановлении изображения. При восстановлении ядра из исходного изображения  $f(x, y)$  используется спокойный участок солнечного лимба. Показано, что сечение аппаратной функции  $K(x, y)$  вертикальной плоскостью, проходящей через начало координат, равно производной от функции размывания края солнечного диска. Преимущество данного подхода заключается в том, что при восстановлении аппаратной функции не делается никаких априорных предположений о виде ее функциональной зависимости.

Граница фотосферы Солнца при наблюдении в крыле линии  $H_\alpha$  имеет очень резкий край, так что для наших целей можно считать, что истинное изображение края  $g(x', y')$  представляет собой полуплоскость. Зная функцию размывания края, можно решить интегральное уравнение относительно ядра  $K$ , предполагая, что истинное изображение представляет собой полуплоскость. Уравнение решается методом тихоновской регуляризации. Специфическая форма ядра, зависящего от разности аргументов, позволяет использовать алгоритмы быстрого преобразования Фурье, что ускоряет вычисления и уменьшает объем оперативной памяти, необходимый для реализации алгоритма восстановления изображения.

## Северо-южная асимметрия солнечной активности и потоки протонов

*Л. А. Плюснина, А. В. Мордвинов*

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

Изучены долготно-временные диаграммы (с разверткой по долготе равной кэррингтоновскому обороту) распределения потоков протонов разных энергий: 1–2, 2–4, 4–10, 10 – 30, 30 – 60 и >60 Мев. Посредством усреднения от оборота к обороту на протяжении 1976 – 2000 гг. выделены

устойчивые долготные неоднородности (или “протонные активные долготы”). Выполнено сравнение полученных долготно-временных распределений потоков протонов и их “активных долгот” с аналогичными для индексов солнечной активности: вспышечного индекса отдельно по полушариям (Fln и Fls) и чисел Вольфа (Rz). В результате получено: 1) долготно-временные диаграммы распределения потоков протонов, как и следовало ожидать, демонстрируют двухкомпонентную структуру вращения, подобно вспышечному индексу; 2) структура “протонных активных долгот” в целом отражает суммарное влияние активности северного и южного полушарий, хотя некоторые отличия в структуре “протонных активных долгот” для разных диапазонов энергии могут быть связаны с северо-южной асимметрией в распределении солнечных источников протонов.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект 02-02-16044 и INTAS-2001-0550.

### **О возможности прогноза вспышки на основании магнитных измерений в активной области**

*А. И. Подгорный*

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

Солнечные вспышки вызывают наиболее резкие изменения космической погоды. Улучшение качества прогноза солнечных вспышек наиболее эффективно может быть произведено на основании понимания их физического механизма. Использование теории токового слоя, основанной на накоплении энергии в токовом слое, позволяет объяснить первичное энерговыделение вспышки высоко в солнечной короне. Предсказание характеристик вспышки, включая сопровождающий ее выброс плазмы, возможно путем решения трехмерных МГД уравнений с помощью программы ПЕРЕСВЕТ. Анализ сложных полей над активными областями в трехмерном пространстве стал возможным благодаря разработке специальной программы визуализации результатов расчетов. Граничные условия на фотосфере задаются по данным магнитных измерений перед вспышкой. Разработана система задания начальных и граничных условий на фотосферной и других границах. Были проведены расчеты накопления энергии для вспышек 23 солнечного цикла. В настоящее время разрабатывается метод, использующий консервативную относительно магнитного потока схема. Это позволит уменьшить влияние на расчет численных неустойчивостей, развивающихся при длительном счете. Работа поддержана РФФИ, грант 00-01-00091.

## Электродинамическая модель вспышки и генерация коронального выброса массы

**И. М. Подгорный<sup>1</sup>, А. И. Подгорный<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Институт Астрономии РАН, Москва;  
E-mail: podgorny@inasan.rssi.ru*

<sup>2</sup>*Физический Институт им. П. Н. Лебедева РАН, Москва;  
E-mail: podgorny@fian.fiandns.mipt.ru*

Электродинамическая модель [1] солнечной вспышки объясняет наблюдаемую динамику вспышки и сопутствующие эффекты в околоземном пространстве, включая потоки солнечных космических лучей. При распаде вертикального токового слоя в короне должен происходить выброс плазмы в межпланетную среду, ускоренный в слое силами магнитного натяжения. Горячая плазма, ускоренная одновременно вниз, концентрируется на вершине послевспышечной петли вместе с пересоединенными в слое линиями магнитного поля. Эти процессы подтверждены наблюдениями вспышки в рентгеновской области спектра [2], [3]. Показана однозначная связь коронального выброса массы (КВМ) и вспышки. Обнаружено также течение плазмы к Солнцу из области вспышки. Высказываемые ранее соображения о независимости КВМ и вспышки являются недоразумением, связанным с методическими трудностями одновременного наблюдения вспышек и КВМ. Работа поддержана РФФИ, грант 01-02-16186.

- [1] Подгорный А. И., Подгорный И. М. // Астрон. Ж. 2001, т. 78, с. 71.
- [2] Zhang J. et al // Astrophys. J. 2001, v. 559, p. 452.
- [3] McKenzie D. E. and Hudson H. S. // Earth Planet Space. 2001. v. 53. p. 577.

## Квазимонопольное поведение магнитного поля Солнца видимого как звезда

**Д. И. Понявин**

*Институт Физики, С.-Петербургский Госуниверситет,  
Санкт-Петербург; E-mail: ponyavin@geo.phys.spbu.ru*

В данной работе исследованы периоды в истории солнечной активности, когда Солнце выглядело с Земли как магнитный монополю. С этой

целью были взяты данные наблюдений магнитного поля Солнца, видимого как звезда. Кроме того, одновременно с солнечными, были использованы данные наблюдений межпланетного магнитного поля на околоземных космических аппаратах. Показано, что квазимонопольное поведение магнитного поля не является случайным или следствием инструментальных эффектов. В течение солнечного минимума этот эффект имеет сезонный характер и отражает в целом осесимметричную топологию крупномасштабного магнитного поля на Солнце и в солнечной короне. В отличие от минимума солнечной активности, в эпоху максимума солнечного цикла квазимонопольное поведение обусловлено сильной неосесимметричной компонентой магнитного поля и северо-южной асимметрией распределения крупномасштабных полей при соответствующей ориентации гелиосферного токового слоя.

### **О возможности мониторинга магнитных полей спокойных протуберанцев**

***В. В. Попов<sup>1</sup>, О. И. Бугаенко<sup>1</sup>, И. С. Ким<sup>1</sup>, И. Л. Струля<sup>2</sup>***

*<sup>1</sup>Государственный астрономический институт  
им. П. К. Штернберга, г. Москва; E-mail: vpopov@sai.msu.ru*

*<sup>2</sup>НПО "Композит" г. Королев, Московская обл.*

Предлагается мониторинг магнитных полей протуберанцев, основанный на использовании коронографа-поляриметра полного лимба, узкополосных интерференционных фильтров, вращающегося поляроида, помещенного вблизи плоскости диафрагмы Лио, системы регистрации трех параметров Стокса (**I**, **U**, **Q**) в двух линиях и специального алгоритма для обработки статистических данных и получения значений степени и направления поляризации с последующей интерпретацией эффекта Ханле. Согласно оценкам, отношение "сигнал/шум"  $> 6$  достижимо при использовании апертуры первичной оптики 60 – 100 мм, ширине узкополосного фильтра 8Å, яркости неба  $10^{-5}$  и инструментальном фоне  $10^{-4}$  –  $10^{-5}$  от яркости центра диска Солнца. Приводятся расчетные параметры оптического, анализирующего и регистрирующего узлов коронографа-поляриметра.

**Движения плазмы в солнечных вспышках по  
спектральным наблюдениям в рентгеновском  
диапазоне длин волн**

*Г. А. Порфирьева, Г. В. Якунина*

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

На основе данных наблюдений вспышек, полученных в последние десятилетия из космоса, проводится анализ результатов о движениях вещества во вспыхивающей короне. Известно, что вспышка представляет собой горячую высокотурбулентную плазму, движущуюся вдоль магнитных силовых линий со скоростями десятки и сотни км/с и достигающими иногда скоростей отрыва. Наблюдения с *Yohkoh* с высоким временным разрешением позволили установить некоторые закономерности о движениях плазмы во вспышке. По ряду наблюдений увеличение турбулентной скорости  $\xi$  начинается до начала всплеска жесткого рентгеновского излучения, достигают своего максимального значения вблизи максимума всплеска и затем уменьшается до обычного значения в АО порядка нескольких десятков км/с. В зависимости от характера нарастания интенсивности рентгеновского всплеска (который может быть импульсным или постепенным) максимум  $\xi$  может предшествовать максимуму рентгеновского всплеска или запаздывать по отношению к нему. Рассматривается связь турбулентности с температурой плазмы, излучением в разных диапазонах длин волн и лучевыми скоростями движения плазмы. Обсуждается влияние пространственной геометрии вспышечной петли на связь турбулентной и лучевой скоростей во вспышке.

Наблюдение вспышки одновременно в линиях, излучающих при разных  $T$ , показывает наличие в объеме вспышки потоков плазмы, отличающихся по своим лучевым и турбулентным скоростям. Приводятся возможные причины, объясняющие наблюдаемые закономерности. Используются литературные данные.

**Relations between the radio enhanced temperature  
regions and coinciding with them CaII (k3), H(alpha) and  
SOHO/MDI areas**

*A. Riehokainen<sup>1</sup>, S. Pohjolainen<sup>1</sup>, E. Valtaoja<sup>1</sup>, S. Urpo<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Tuorla Observatory, 21500 Piikkiö, Finland*

<sup>2</sup> *Metsähovi Radio Observatory, HUT, Espoo, Finland*

We studied the enhanced temperature regions (ETR) which are seen at 87 GHz (Metsähovi, Finland) at all solar latitudes simultaneously with the different brightness structures which are seen on the images obtained in

SOHO/MDI, CaII (k3) and H(alpha) (Meudon spectroheliograph, France) observations. It was found that variations of the average surface brightness of the ETRs and corresponding areas of the CaII (k3) and H(alpha) images are related to each other. We did not find any difference for the relatively weak ETRs at high and low latitudes. Thus the existence of the relatively weak ETRs at all solar latitudes may be explained by the enhancement of brightness in corresponding spectral line regions.

### **Космические лучи и солнечная активность (долговременные модуляционные эффекты)**

*Ю. И. Стожков, Н. С. Свиржевский*

*Физический институт им. П.Н. Лебедева, РАН, Москва, 119991,  
Ленинский проспект, 53; E-mail: stozhkov@fian.fiandns.mipt.ru*

На основе данных долговременных наблюдений космических лучей в атмосфере и на уровне земли и данных по солнечной активности рассматриваются связи модуляционных процессов, наблюдаемых в космических лучах (11- и 22-летний циклы), с уровнем солнечной активности. Обсуждается “энергетический” гистерезис в космических лучах, наблюдаемый в периоды инверсии общего магнитного поля Солнца. По данным долговременных наблюдений космических лучей проводится анализ изменений напряженности межпланетного магнитного поля с 1937 г. по настоящее время. Обсуждаются вопросы воздействия потоков космических лучей на погоду и климат через цепочку “солнечная активность – модуляция космических лучей – атмосферные процессы”.

### **Устойчивость структур, образуемых яркими мелкомасштабными элементами в приполярных зонах**

*М. Н. Стоянова*

*Главная астрономическая обсерватория РАН, С.-Петербург*

Исследования последних лет показали принципиально важную роль, которую полярные широты играют в развитии солнечного цикла. В данной работе была предпринята попытка обнаружения устойчивых энергетических структур в высоких широтах, которые могли бы в какой-то степени являться аналогом активных областей в низких широтах.

На основании анализа материала, публикуемого в Internet, включающего магнитограммы, кальциевые фильтрограммы и снимки нижней короны, а также координатных измерений отдельных ярких элементов на снимках, были выявлены устойчивые структуры в высоких широтах, состоящие из скопления ярких элементов. Их протяженность в среднем достигает  $20^\circ$ , что соответствует средним размерам активной области, причем продолжительность их жизни достигает четырех и более суток. Яркие элементы располагаются преимущественно по границам области. Исчезновение или возникновение отдельных ярких элементов происходит при сохранении в целом всей структуры.

Основной вывод состоит в том, что таким образом выявленные энергетически слабые структуры на высоких широтах могут свидетельствовать о едином масштабе активных процессов, происходящих по всему Солнцу, различие между которыми определяются масштабом энерговыделения.

### **Сравнительный анализ свойств корональных дыр**

*К. С. Тавастшерна, А. Г. Тлатов*

*Главная Астрономическая Обсерватория РАН ;*

*E-mail: solar@narzan.com*

Проведен анализ наблюдений Солнца с целью выделения областей, связанных с корональными дырами. Были использованы следующие данные: синоптические карты (1974-2002 гг.), ежедневные данные в линии  $\text{HeI}0830\text{\AA}$  обсерватории Кит Пик и наблюдения EIT  $171\text{\AA}$  (1996-2002 гг.). Сформированы банки данных характеристик выделенных областей. Рассмотрено соотношение полярной и низкоширотной активности по корональным дырам. Вблизи экватора в течении 11-летнего цикла существует два максимума. Первый в эпоху минимума активности, причем прослеживаются волны от высоких широт к экватору. Второй-около максимума активности, не связанный с высокоширотной активностью. Изучены свойства вращения корональных дыр и обсуждаются различия между данными по ежедневным наблюдениям и синоптическим картам. Проведено сравнение данных корональных дыр по Каталогу С. Ибарра (1970-1995 гг.).

## Вариации вращения Солнца в период 1907–1990 гг.

А. Г. Тлатов

*Кисловодская Горная Станция ГАО РАН; E-mail: solar@narzan.com*

Проведен корреляционный анализ ежедневных изображений Солнца в линии К CaII, полученных на спектрофотогелиографе обсерватории Ко-дайканал (Индия). Для соседних дней в диапазоне широт  $\pm 80^\circ$  с шагом  $5^\circ$  было определено долготное смещение элементов, при котором коэффициент корреляции между их интенсивностями являлся максимальным. По вычисленному смещению определялась скорость вращения Солнца. Средняя скорость вращения за весь период наблюдений близка к закону  $\omega(\Theta) = 13.34 - 2.07 \sin^2 \Theta - 2.12 \sin^4 \Theta$ . Определены вариации скорости вращения. Показано, что кроме 11-летних вариаций, существуют и долговременные вариации скорости вращения. Наиболее быстрая скорость вращения наблюдалась в периоды 1940-1950 и 1965-1975. Аналогичные изменения были установлены по вращению солнечных пятен [1], [2] и вращению крупномасштабных магнитных полей [3]. Проведен спектральный анализ вариаций вращения. Установлено, что кроме 11-летней модуляции имеется период  $\sim 22, 28$  лет. На основании этого делается вывод, что, возможно, общая закономерность вращения Солнца определяется композицией 11- и 22-летней модами во вращении.

- [1] Baltazar H., Wohl H. // Astron. Astrophys., 1980, v.92, p.111.
- [2] Mendoza B. // Solar Phys., 1993, v.143, p.236.
- [3] Васильева В. В., Макаров В. И., Тлатов А. Г. // Письма в АЖ., 2002.

## Движения мелкомасштабных элементов фотосферы Солнца по данным MDI

А. Г. Тлатов

*Кисловодская Горная Станция ГАО РАН; E-mail: solar@narzan.com*

Проведено восстановление поля скорости на различных фазах солнечной активности. С этой целью магнитограммы диска Солнца по данным MDI с 1996 по 2002 год представлены в fits формате. Выделены элементы с напряженностью магнитного поля выше порога чувствительности  $\pm 8$  Гс. Каждый элемент характеризовался общей границей, внутри которой все пиксели имели интенсивность не меньше пороговой величины.

Был составлен банк данных выделенных элементов, содержащий координаты, площади, размеры, магнитный поток, длину контура и др. параметры. Для каждого элемента были вычислены геометрические свойства контура, являющегося его границей. Это позволило восстанавливать элемент на других изображениях Солнца. Нижний размер выделенных элементов ограничивался величиной площади 20 мдп. Количество обработанных магнитограмм составило  $\sim 4-5$  на каждый день наблюдений за рассмотренный период. Для определения траектории передвижения была использована процедура отождествления данного элемента на соседней магнитограмме и составление “цепочки” его положения на протяжении нескольких дней, до тех пор пока элемент не исчезал, либо не заходил за западный лимб Солнца. Такой метод позволил восстанавливать поля скорости и уточнить параметры дифференциального вращения и меридианальной скорости для элементов различного размера. Показано, что в период минимума активности можно выделить вихревые крупномасштабные течения в солнечной атмосфере.

### **Особенности распределения плотности короны по данным коронографа Mark-3**

*А. Г. Тлатов, В. И. Макаров*

*Кисловодская Горная Станция ГАО РАН; E-mail: solar@narzan.com*

Обработаны ежедневные данные наблюдений “белой” короны на коронографе-поляриметре Mark-3 в период с 1980 по 1999 год. Определена фотометрическая плотность короны в диапазоне высот  $1.15 \div 2.0 R$  над краем диска Солнца с шагом  $2^\circ$  по лимбу. Общее количество обработанных дней наблюдений составило 5002. Построены синоптические карты распределения “белой” короны на разных высотах. Проведено сравнение ее с распределением интенсивности зеленой короны  $5303 \text{ \AA}$ . Показано, что в годы близкие к максимуму активности, распределение “белой” короны на малых высотах на синоптических картах близко к распределению зеленой короны. В минимумах активности имеются некоторые различия, которые обсуждаются. Построены широтно-временные распределения “белой” короны на разных высотах. Показано, что на расстояниях  $R > 1.5$  преобладает дрейф интенсивности короны от полюсов к экватору. Дрейф начинается после переполюсовки магнитного поля Солнца на высоких широтах. Волна повышенной яркости электронной короны достигает экватора в начале следующего цикла пятен. Проведено сравнение с дрейфом магнитных нейтральных линий на H-альфа картам. Показано, что нейтральные линии различных зональных границ имеют разные высоты в короне.

## **О формировании зональной структуры крупномасштабного магнитного поля Солнца**

*А. Г. Тлатов, В. И. Макаров*

*Кисловодская Горная Станция ГАО РАН; E-mail: solar@narzan.com*

Выполнен анализ тонкой структуры зонального распределения крупномасштабного магнитного поля Солнца. С этой целью были обработаны ежедневные магнитограммы Солнца по данным MDI в период с 1996 по 2002 год. Выделены элементы с интенсивностью магнитного поля выше порога чувствительности MDI, а именно  $\pm 8$  Гс. Размер выделенных элементов был не менее 20 мдп. Для каждого такого образования, были определены характеристики: координаты, площадь, магнитный поток, средняя интенсивность и др. Общее число выделенных магнитных элементов составило  $\sim 1.4 \cdot 10^6$ , или около 800 на каждое изображение. Построены широтные и широтно-временные распределения таких образований для различных размеров и полярности магнитного поля. Показано, что распределение магнитных элементов с площадью в диапазоне  $S = 100 \div 300$  мдп наиболее адекватно описывает зональную структуру крупномасштабного магнитного поля на Н-альфа картах. Получены характерные размеры магнитных элементов, свойственные периоду минимума активности в полярной и низкоширотной зонах. Рассмотрены их изменения с развитием цикла активности.

## **Поляризация радиоизлучения и фоновые магнитные поля в период 1992–2002 гг.**

*А. Г. Тлатов, А. Д. Шрамко*

*Кисловодская Горная Станция ГАО РАН; E-mail: solar@narzan.com*

Обработаны ежедневные данные поляризации радиоизлучения на длине волны  $\lambda = 1.76$  см по данным наблюдений радиогелиографа Nobeyama в период 1992-2002. Использовались различные методы обработки, а именно: 1) усреднение по диску Солнца вдоль линий одинаковой широты; 2) выделение областей с положительной и отрицательной круговой поляризацией с величиной, выше заданной пороговой с последующим промером различных характеристик этих областей; 3) выделение поляризации над лимбом Солнца на различных высотах  $1.02 \div 1.2R$  с шагом  $2^\circ$  по лимбовому углу. Разные методы дают несколько отличные распределения, однако, все методы обработки позволяют выделить зональное распределение

поляризации на разных фазах солнечного цикла во всем диапазоне широт. Так, методы 1 и 2, связанные с обработкой данных на диске Солнца, показывают преимущественную поляризацию в области пятнообразования для северного и южного полушарий. В области высоких широт смена знака поляризации наступает в период 1996-1997 годов, что значительно отличается от периода переполюсовки по магнитному полю. Поляризация короны (метод 3), особенно на высоте  $R > 1.1$ , показывает принципиально другую картину. А именно, в период минимума активности 1995-1998 гг. поляризация отрицательна во всем диапазоне широт.

Обсуждаются различные механизмы формирования зональной структуры поляризации радиоизлучения Солнца. Для зоны пятнообразования существенны магнитотормозной и гиромангнитные механизмы формирования круговой поляризации. Для высоких широт и короны становятся важными эффекты распространения радиоизлучения через плазму короны, находящейся в поперечном магнитном поле. Так, вероятно, поляризация короны связана с эффектами различного прохождения обыкновенной и необыкновенных волн линейной поляризации и отражает дипольный характер магнитного поля в период минимума. Делаются оценки крупномасштабного магнитного поля короны.

### Потерянный солнечный цикл

*И. Г. Усокин<sup>1,2</sup>, К. Mursula<sup>2</sup>, Г. А. Ковальцов<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> ФТИ им. А. Ф. Иоффе РАН, С.-Петербург;  
E-mail: Ilya.Usoskin@mail.ioffe.ru

<sup>2</sup> University of Oulu, Finland

Мы недавно предположили, что один солнечный цикл в конце 18-го века мог быть потерян при компиляции ряда солнечных пятен из-за того, что солнечные наблюдения были редкими и ненадежными в 1790-х гг. [2]. Ранее этот цикл объединялся с предыдущим активным циклом, образуя аномально длинный цикл No.4 в 1784-1799 гг. Это также приводило к фазовой катастрофе и другим ранее известным проблемам в эволюции солнечной активности. Пересмотрев все доступные данные по солнечной активности за этот период, включая результаты наблюдений отдельными наблюдателями [1], мы предположили, что цикл 4 на самом деле состоял из двух циклов: нормального цикла в 1784-1793, и слабого цикла в 1793-1800, ознаменовавшего начало Дальтоновского минимума. Учет нового цикла разрешает проблему фазовой катастрофы, восстанавливает правило Гневышева-Оля парности циклов на всем интервале, и ведет к согласованному взгляду на поведение солнечной активности во время глобальных

минимумов. Мы также представляем новые независимые косвенные свидетельства, основанные на анализе геомагнитной активности, говорящие в пользу существования нового цикла. Кроме того, мы показываем, что предположение о существовании потерянного цикла не противоречит имеющимся данным по космогенным изотопам.

- [1] Hoyt D., K. Schatten // Solar Phys., 1998, v.179, p.189.
- [2] Usoskin I.G., K. Mursula., G.A. Kovaltsov // Astron. Astrophys., 2001, v.370, p.L31.

### **Некоторые динамические свойства корональных выбросов массы**

*В. Г. Файнштейн, С. В. Граблевский*

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

Исследованы изменения головных частей корональных выбросов массы (КВМ) при их удалении от Солнца. Цель исследования — установить закономерности в динамике отдельных элементов, составляющих переднюю часть КВМ, а также выявить воздействие окружающей среды на эту динамику. Рассмотрены КВМ двух типов: небольшие, с размером по широте приблизительно 10–20 градусов, и “классические” петлеобразные КВМ с угловым размером 30–60 градусов. Обнаружено, что маленькие КВМ часто возникают в течение суток после прохождения большого КВМ и распространяются вдоль одной из его ног. Рассмотрены и сопоставлены случаи распространения КВМ в окрестности пояса стримеров, когда соответствующий участок пояса стримеров располагался приблизительно параллельно или перпендикулярно плоскости неба.

Установлено, что характер изменения передней части КВМ зависит от ее видимой скорости  $V_F$ . Было исследовано три группы КВМ в зависимости от величины  $V_F$ :  $V_F < 450$  км/с;  $500 < V_F < 700$  км/с;  $V_F > 800$  км/с. Показано, что: (а) для первой группы событий скорость и ширина передней части (фронта) КВМ меняются с расстоянием (при  $R > 6R_0$ , где  $R_0$  — радиус Солнца) приблизительно монотонно на фоне относительно небольших колебаний; (б) для второй группы событий обнаружены возникающие на определенных расстояниях от Солнца быстрые трансформации головных частей КВМ (обычно в течение  $< 0.3$ –1 часа), заключающиеся в резких изменениях скорости фронта КВМ и в коррелированных изменениях

радиального распределения яркости в головной области КВМ. Эта трансформация происходит на участке передней части КВМ, расположенном в окрестности пояса стримеров, на расстоянии  $R=(15-25)R_0$ , где скорость фронта КВМ переходит через значение  $VMS + VSW$  (здесь  $VMS$  — магнитозвуковая скорость,  $VSW$  — скорость окружающего солнечного ветра). Высказано предположение, что подобная трансформация обусловлена генерацией КВМ ударной волны в области пояса стримеров и обратным воздействием на КВМ возникающего при этом повышенного давления за фронтом волны. Таким образом, предположительно, обнаружен нестационарный режим генерации ударных волн в короне корональными выбросами массы; (в) для третьей группы событий скорость и ширина передней части КВМ изменяются незначительно с расстоянием на фоне умеренных колебаний. Для этих КВМ ширина переднего фронта наименьшая по сравнению с другими типами рассмотренных выбросов массы. Предполагается, что на расстоянии  $> (6-10)R_0$  этот фронт содержит внутри себя установившуюся ударную волну в области пояса стримеров и некоторой его окрестности.

### **Некоторые свойства солнечных магнитных полей по данным NSO/KP и расчетам**

*В. Г. Файнштейн, Г. В. Руденко, А. В. Хотилович,  
А. А. Манженко*

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

Проведен анализ измеряемого в окрестности солнечного экватора магнитного поля по ежедневным магнитограммам NSO/KP в формате “medges” и одномоментным расчетам поля над видимым диском Солнца. Цель исследования: (1) выяснить характерные соотношения между различными компонентами фотосферного магнитного поля (в данном случае между азимутальной  $V_{\phi}$  и радиальной  $V_r$  компонентами поля) в зависимости от величины поля и долготы его измерения; (2) оценить адекватность измерений поля на различных долготах; (3) сравнить качество расчетов магнитного поля в короне в потенциальном приближении, выполненные с различными граничными условиями на поверхности Солнца, путем сопоставления рассчитанной нейтральной линии (НЛ) магнитного поля на поверхности источника с характеристиками пояса стримеров по данным LASCO/C2.

Для получения ответов на вопросы (1) – (2) анализировались различные компоненты фотосферного магнитного поля: измеряемая по лучу зрения компонента поля  $B_d$ , а также рассчитанные  $B_f$  и  $B_r$ . Различные характеристики этих компонентов поля (абсолютные значения, только положительные или только отрицательные значения и др.) усреднялись по “прямоугольникам” на поверхности Солнца размером 10 град. по долготе на 10 град. по широте и по времени от 3-х месяцев до года. Анализ проводился для 1996 – 1997 г.г. (минимум активности) и для 2001 г. (начало спада солнечной активности). На основании проведенного исследования сделан вывод, что для небольших и умеренных магнитных полей ( $|B_d| < 10$  Гс) в среднем по диску Солнца вблизи экватора  $\langle |B_f| \rangle$  приблизительно равно  $\langle |B_r| \rangle$  (предварительный результат); вблизи центрального меридиана  $\langle |B_f| \rangle < \langle |B_r| \rangle$ , а вблизи лимба соотношение между этими компонентами поля обратное. Для больших полей ( $|B_d| > 10$  Гс) в среднем вблизи экватора  $\langle |B_f| \rangle < \langle |B_r| \rangle$  на 10–30%. Установлено также, что определенная из расчетов радиальная компонента поля  $\langle |B_r| \rangle$  уменьшается к лимбу на 10 – 30%.

Кроме этого, для выяснения качества расчетов магнитного поля в короне в потенциальном приближении для двух обычно используемых типов граничных условий на поверхности Солнца: (А) фотосферное магнитное поле считается радиальным на всей поверхности Солнца и (Б) поле на поверхности Солнца не предполагается радиальным во всех точках, был проведен следующий тест. Нейтральные линии (НЛ) магнитного поля были сопоставлены с изображениями пояса стримеров на одинаковых расстояниях на восточном и западном лимбах (данные LASCO/C2). Использовались расчеты НЛ, выполненные в WSO по измерениям магнитного поля с более низким пространственным разрешением, чем в NSO/KP. Сделан вывод, что рассчитанные НЛ более точно соответствуют наблюдаемым конфигурациям пояса стримеров в тех случаях, когда в расчетах использовались граничные условия (Б). Особенно заметно это проявлялось при отклонении пояса стримеров на широты, превышающие 40 град.

### **Анализ глобальной активности Солнца вблизи максимума 23-го цикла по данным радионаблюдений**

*Г. Б. Гельфрейх, В. И. Макаров, А. Г. Тлатов*

*Главня астрономическая обсерватория РАН;*

*E-mail: gbg@GG1623.spb.edu*

На основе ранее разработанных методов продолжено исследование проявлений развития 11-летнего цикла активности Солнца на всех гелиографических широтах. С этой целью проведена обработка ежедневных изоб-

ражений солнечного диска на волне 1.76 см по данным радиогелиографа Нобеяма. Ранее полученные результаты дополнены анализом наблюдений 2001 и 2002 г.г. Анализировались как усиление яркости на разных гелиографических широтах, так и скорость дифференциального вращения. Существовала также попытка проанализировать глобальное магнитное поле с учетом его знака по данным круговой поляризации радио излучения. Продемонстрирована эффективность использования данных радио картографирования и магнитографии в исследовании природы солнечной цикличности и особенности проявления максимума текущего цикла.

Выполнение работы поддержаны грантами РФФИ 02-02-16548 и 02-02-16035.

### **О магнитных полях спокойных протуберанцев 11 августа 1999 г.**

*И. В. Алексеева, И. С. Ким, Д. А. Селезнев*

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

Представлены оценки магнитных полей для трех спокойных протуберанцев. Используются измерения степени и направления линейной поляризации H $\alpha$ -протуберанцев, наблюдавшихся во время полного солнечного затмения 11 августа 1999 г. Сопоставление с синоптическими и круглыми картами ГАС ГАО РАН, а также с расчетными значениями степени поляризации для нулевого магнитного поля и дальнейший сравнительный анализ с номограммами Landi Degl'Innocenti [1] дают значения магнитных полей от 0,5 до 11 Гс.

[1] Landi Degl'Innocenti E., Bommier V., and Sahal-Brechot S. // *Astron. Astrophys.*, 1987, v.186, p.335.

## Оглавление

ПРОГРАММА КОНФЕРЕНЦИИ . . . . .	3
<i>Х. И. Абдусаматов.</i> О вариациях радиуса и светимости Солнца . . . . .	13
<i>Х. И. Абдусаматов, И. Н. Сивяков.</i> Измерение радиуса изображения Солнца на разных гелиоширотах . . . . .	14
<i>В. А. Антонов, А. С. Баранов, Ю. Н. Гнедин.</i> Движение частицы вещества внутри Солнечной системы с учетом планетных возмущений и светового поля . . . . .	14
<i>О. Г. Бадалян, В. Н. Обриджо, Я. Рыбак, Ю. Сикора.</i> Квазидвухлетние вариации в $N - S$ асимметрии солнечной активности . . . . .	15
<i>О. Г. Бадалян, В. Н. Обриджо.</i> Моделирование связи оптического сжатия короны с характеристиками крупномасштабного магнитного поля Солнца . . . . .	15
<i>Е. Е. Беневоленская.</i> Импульсы корональной активности . . . . .	16
<i>И. А. Биленко.</i> Изменения структуры фотосферных магнитных полей и смена знака магнитного поля Солнца . . . . .	17
<i>В. М. Богод, С. Х. Тохчукова.</i> Анализ поляризационного излучения мощных вспышечно-продуктивных активных областей в 2001 г. . . . .	18
<i>Т. Е. Вальчук, Н. К. Кононова, И. В. Мальнева, М. М. Чернавская.</i> Солнечная активность, циркуляция атмосферы и проявления опасных природных процессов — селей и оползней . . . . .	19
<i>Т. Е. Вальчук, Э. И. Могилевский, В. И. Одинцов.</i> Фрактальная структура солнечного ветра в минимуме (1996 г.) и максимуме (2000 г., 2002 г.) 23 солнечного цикла. . . . .	19
<i>Ю. В. Вандакуров.</i> Принцип минимальной диссипации и строение солнечной конвективной зоны . . . . .	20
<i>В. В. Васильева.</i> Мелкомасштабная структура активных долгот . . . . .	21
<i>В. В. Васильева, А. Г. Тлатов.</i> Изменение периодов вращения секторной структуры ММП . . . . .	22
<i>E. V. Vashenyuk, B. B. Gvozdevsky, A. V. Belov, V. G. Yanke, E. A. Eroshenko .</i> Peculiarities of relativistic solar proton events during the 23rd solar activity cycle . . . . .	22
<i>W. R. Webber, M. B. Krainev.</i> On the radial dependence of the 11- and 22-year variations in the galactic cosmic ray intensity . . . . .	23
<i>Е. С. Вернова, К. Мурсула, М. И. Тясто, Д. Г. Баранов.</i> Северо-южная асимметрия в долготном распределении солнечной активности . . . . .	23
<i>И. С. Веселовский, О. Панасенко.</i> Об энергетике солнечных циклов . . . . .	24
<i>G. B. Gelfreikh, V. I. Makarov, A. G. Tlatov, A. Riehoakainen, K. Shibasaki.</i> A study of development of global solar activity in 23-rd solar cycle based on radio observations with the Nobeyama radio heliograph . . . . .	25

<i>И. В. Гецелев, В. П. Охлопков, Е. А. Чучков.</i> Солнечные протонные события после смены знака магнитного поля . . . . .	26
<i>Т. Б. Гольдварг, Г. Б. Гельфрейх, Ю. Г. Копылова, Ю. А. Наговицын, Ю. Т. Цап, Л. И. Цветков, Ю. Ф. Юровский.</i> О вариациях микроволнового и дециметрового излучения в активных областях солнечной атмосферы . . . . .	26
<i>Т. Б. Гольдварг, Ю. А. Наговицын, А. А. Соловьев.</i> Периодические режимы энерговыделения активных областей Солнца . . . . .	27
<i>С. А. Гриб.</i> Особенности поведения крупномасштабных ударных волн в анизотропной гелиосферной плазме . . . . .	28
<i>С. С. Гусева, М. П. Фатъянов.</i> Морфология корональных лучей на спаде активности (SOHO/LASCO, 2002 год) . . . . .	28
<i>Е. И. Давыдова, В. В. Давыдов.</i> Вековой цикл активности Солнца и проблема глобального потепления . . . . .	30
<i>В. А. Дергачев.</i> Солнечная активность и климат: ~200-летний цикл . . . . .	31
<i>Н. С. Джалилов, В. Н. Оравский.</i> Неустойчивые колебания дифференциально вращающегося Солнца . . . . .	32
<i>М. В. Еселевич, В. Г. Еселевич.</i> Исследование нерадиальности лучей пояса и цепочек стримеров в короне Солнца. . . . .	33
<i>М. В. Еселевич, В. Г. Еселевич.</i> Общие характеристики “СМЕС” и “ВЛОВС”: новый взгляд на их возможную природу . . . . .	34
<i>В. И. Ефремов, Р. Н. Иханов, Л. Д. Парфименко.</i> Колебания магнитного поля в тени солнечного пятна в диапазоне десятков минут . . . . .	34
<i>В. И. Жук.</i> Колебания в тени солнечных пятен . . . . .	34
<i>Ф. И. Зуевич, Е. В. Милецкий, Ю. А. Наговицын, И. В. Шкрабо, А. В. Лазарев, Л. А. Воронин.</i> Закономерности вариаций плотности потока радона и солнечная активность . . . . .	35
<i>Е. В. Иванов.</i> Спектральный анализ циклических вариаций суммированных за месяц и среднемесячных значений площадей солнечных пятен . . . . .	35
<i>В. Г. Иванов, Е. В. Милецкий.</i> Представление индексов солнечной активности и космической погоды с помощью мод крупномасштабного магнитного поля Солнца . . . . .	36
<i>Р. Н. Иханов, В. Г. Иванов.</i> Циклическая эволюция зеленой короны в линии Fe XIV 5303 . . . . .	37
<i>Р. Н. Иханов, В. Г. Иванов.</i> Эволюция и смена знака полярности крупномасштабного магнитного поля на разных долготах Солнца . . . . .	38
<i>Р. Н. Иханов, Ю. В. Марушин.</i> Особенности развития двух вспышечно-активных групп солнечных пятен с $\delta$ -конфигурациями типа I . . . . .	39
<i>Р. Н. Иханов, Е. В. Милецкий.</i> Вариации потока солнечных нейтрино и солнечная активность . . . . .	39

<i>В. Н. Ишков.</i> К вопросу об истинных физических границах в магнитных структурах на Солнце . . . . .	40
<i>В. Н. Ишков.</i> Развитие и особенности текущего 23 цикла солнечной активности . . . . .	41
<i>Э. В. Кандрашов, В. Г. Никифоров.</i> Карты населенности уровня $2^3s$ He I $\lambda = 10830$ Å в хромосфере Солнца . . . . .	42
<i>В. В. Касинский.</i> Вариации параметров энергетического спектра вспышек на Солнце в 21-23-циклах и глобальная перестройка магнитных полей . . . . .	42
<i>В. В. Касинский.</i> Вектор “анизотропии вспышек” как индикатор перестройки глобального магнитного поля на фазе максимума и минимума 24-го цикла Солнца . . . . .	43
<i>Ким Гун-Дер, А. Г. Тлатов.</i> Сравнительный анализ свойств протуберанцев в оптическом и радиодиапазонах в период с 1992 по 2002 год . . . . .	44
<i>Л. Л. Кичатинов.</i> Куда бегут динамо-волны . . . . .	45
<i>V. I. Kozlov, V. V. Kozlov, V. V. Markov.</i> “Polarity reversal wave” of the general magnetic field of the Sun in the cosmic ray scintillation index . . . . .	45
<i>В. А. Котов.</i> Почему магнитное поле Солнца — преимущественно S-полярности? . . . . .	46
<i>В. А. Котов.</i> Снова о солнечных источниках межпланетного магнитного поля . . . . .	46
<i>В. А. Котов, С. В. Котов.</i> Магнитный стандарт Солнце, и о “сцеплении” фотонов тоже . . . . .	47
<i>M. B. Krainev, G. A. Bazilevskaya.</i> On the Gnevyshev gap in the galactic cosmic ray 11-year modulation . . . . .	48
<i>M. B. Krainev, G. A. Bazilevskaya.</i> On the interaction of the cosmic rays with the coronal magnetic fields of the Sun . . . . .	49
<i>Е. В. Куандыков, Н. Г. Макаренко, В. А. Дергачев.</i> Улучшение регулярности временных рядов с помощью генетического алгоритма . . . . .	49
<i>И. В. Кудрявцев, Г. Е. Кочаров, М. Г. Огурцов, Х. Юнгнер.</i> О долговременной модуляции ГКЛ в гелиосфере на основе данных по содержанию космогенных изотопов в природных архивах . . . . .	51
<i>К. М. Кузаныч.</i> Наблюдательные признаки пространственной структуры альфа-эффекта в солнечной конвективной зоне . . . . .	52
<i>Е. С. Кулагин, В. В. Куприянов.</i> Крупномасштабные структуры повышенной яркости на диске Солнца в ядре линии HeI 10830Å по наблюдениям с узкополосным фильтром . . . . .	53

<i>Г. И. Кушталъ, В. И. Скоморовский.</i> Создание интерференционно-поляризационных фильтров (ИПФ) с экстремальными характеристиками и двумерные измерения доплеровских скоростей в солнечной атмосфере . . . . .	54
<i>У. М. Лейко.</i> Магнитное поле Солнца как звезды: вариации модуля и знака . . . . .	54
<i>И. М. Лившиц, М. А. Лившиц.</i> Рентгеновские вспышки на поздних субгигантах и на Солнце как результат эволюции крупномасштабных магнитных полей . . . . .	55
<i>Н. И. Лозицкая.</i> Влияние солнечных магнитных полей на геомагнитное поле и климат . . . . .	55
<i>Н. Г. Макаренко, Л. М. Каримова, С. А. Ким.</i> Как обнаружить взаимосвязь двух динамических систем по временным рядам . . . . .	56
<i>В. И. Макаров, В. В. Макарова.</i> Особенности активности 23-го полярного цикла Солнца . . . . .	57
<i>В. И. Макаров, А. Г. Тлатов.</i> Полярная и низкоширотная активность солнца в период с 1907 по 1990 год по данным наблюдений в линии К САII . . . . .	57
<i>V. I. Makarov, A. G. Tlatov, K. R. Sivaraman.</i> Duration of polar activity cycles and their relation to sunspot activity . . . . .	58
<i>V. I. Makarov, A. G. Tlatov, D. C. Callebaut.</i> Polar faculae and sunspot cycles concerning secular variation of polar magnetic flux . . . . .	59
<i>В. И. Макаров, В. П. Филиппов.</i> Об уменьшении высоты полярного кольца протуберанцев в период смены знака магнитного поля Солнца . . . . .	59
<i>Е. В. Милецкий, П. Б. Дмитриев.</i> Взаимосвязи вариаций потока мягкого рентгеновского излучения Солнца и вспышечной активности . . . . .	60
<i>Е. В. Милецкий, В. Г. Иванов.</i> Реконструкция основных характеристик крупномасштабного магнитного поля Солнца в 20-м веке . . . . .	61
<i>Е. В. Милецкий, Ю. А. Наговицын, И. Бембеева, Т. Федорова.</i> Новый индекс магнитных полей солнечных пятен . . . . .	62
<i>А. В. Мордвинов, Л. Л. Кичатинов.</i> Активные долготы и северо-южная асимметрия активности Солнца как проявления реликтового магнитного поля . . . . .	62
<i>А. В. Мордвинов, Л. А. Плюснина.</i> Крупномасштабная структура гелиосферы и потоки протонов . . . . .	63
<i>А. Л. Морозова, Е. В. Денисов, С. Н. Архипов, М. И. Пудовкин.</i> Вариации высотных профилей температуры атмосферного давления и скорости ветра, наблюдаемые на высокоширотных станциях во время Форбуш-понижений потоков ГКЛ . . . . .	64

<i>Ю. А. Наговицын.</i> Об “Истории” солнечной активности на большой временной шкале . . . . .	65
<i>Ю. А. Наговицын.</i> О связи АА-индекса с индексами солнечной активности . . . . .	66
<i>Ю. А. Наговицын, К. Г. Иванова.</i> Метод кратномасштабных регрессий и модель среднегодовых чисел Вольфа с начала XVI века . . . . .	67
<i>Ю. А. Наговицын, Е. Ю. Наговицына, О. В. Окунев, Л. М. Правдюк.</i> О некоторых новых свойствах флуктуаций яркости солнечной фотосферы . . . . .	67
<i>В. Н. Обриджо, Б. Д. Шельтинг.</i> Меридиональный дрейф крупномасштабных магнитных полей на Солнце . . . . .	68
<i>М. Г. Огурцов, Г. Е. Кочаров, Х. Юнгнер, М. Линдхольм, М. Эронен, Ю. А. Наговицын.</i> Солнечная активность, космические лучи и вековые колебания климата . . . . .	69
<i>М. Г. Огурцов, Г. Е. Кочаров, Х. Юнгнер, М. Линдхольм, М. Эронен, Ю. А. Наговицын.</i> О возможной связи вековых вариаций климата Северной Фенноскандии с соответствующими колебаниями химического состава верхней атмосферы . . . . .	70
<i>А. Р. Осокин, М. А. Лившиц, В. А. Чернетский.</i> О взаимосвязи явлений различных масштабов в солнечных вспышках . . . . .	70
<i>К. В. Парчевский.</i> Определение аппаратной функции по наблюдениям спокойного края солнечного диска . . . . .	71
<i>Л. А. Пмосина, А. В. Мордвинов.</i> Северо-южная асимметрия солнечной активности и потока протонов . . . . .	72
<i>А. И. Подгорный.</i> О возможности прогноза вспышки на основании магнитных измерений в активной области . . . . .	73
<i>И. М. Подгорный, А. И. Подгорный.</i> Электродинамическая модель вспышки и генерация коронального выброса массы . . . . .	74
<i>Д. И. Понявин.</i> Квазимонополярное поведение магнитного поля Солнца видимого как звезда . . . . .	74
<i>В. В. Попов, О. И. Бугаенко, И. С. Ким, И. Л. Струля.</i> О возможности мониторинга магнитных полей спокойных протуберанцев . . . . .	75
<i>Г. А. Порфирьева, Г. В. Якунина.</i> Движения плазмы в солнечных вспышках по спектральным наблюдениям в рентгеновском диапазоне длин волн . . . . .	76
<i>A. Riehoikainen, S. Pohjolainen, E. Valtaoja, S. Urho.</i> Relations between the radio enhanced temperature regions and coinciding with them CaII (k3), H(alpha) and SOHO/MDI areas . . . . .	76
<i>Ю. И. Стожков, Н. С. Свиржевский.</i> Космические лучи и солнечная активность (долговременные модуляционные эффекты) . . . . .	77
<i>М. Н. Стоянова.</i> Устойчивость структур, образуемых яркими мелкомасштабными элементами в приполярных зонах . . . . .	77

<i>К. С. Тавастшерна, А. Г. Тлатов.</i> Сравнительный анализ свойств корональных дыр . . . . .	78
<i>А. Г. Тлатов.</i> Вариации вращения Солнца в период 1907–1990 гг. . . . .	79
<i>А. Г. Тлатов.</i> Движения мелкомасштабных элементов фотосферы Солнца по данным MDI . . . . .	79
<i>А. Г. Тлатов, В. И. Макаров.</i> Особенности распределения плотности короны по данным коронографа Магk-3 . . . . .	80
<i>А. Г. Тлатов, В. И. Макаров.</i> О формировании зональной структуры крупномасштабного магнитного поля Солнца . . . . .	81
<i>А. Г. Тлатов, А. Д. Шрамко.</i> Поляризация радиоизлучения и фоновые магнитные поля в период 1992–2002 гг. . . . .	81
<i>И. Г. Усоскин, К. Мирзила, Г. А. Ковальцов.</i> Потерянный солнечный цикл . . . . .	82
<i>В. Г. Файнштейн, С. В. Граблевский.</i> Некоторые динамические свойства корональных выбросов массы . . . . .	83
<i>В. Г. Файнштейн, Г. В. Руденко, А. В. Хотимович, А. А. Манжесенко.</i> Некоторые свойства солнечных магнитных полей по данным NSO/KP и расчетам . . . . .	84
<i>Г. В. Гельфрейх, В. И. Макаров, А. Г. Тлатов.</i> Анализ глобальной активности Солнца вблизи максимума 23-го цикла по данным радионаблюдений . . . . .	85
<i>И. В. Алексеева, И. С. Ким, Д. А. Селезнев.</i> О магнитных полях спокойных протуберанцев 11 августа 1999 г. . . . .	86
Список авторов . . . . .	93

## Список авторов

- Абдусаматов Х. И., 13, 14  
Алексеева И. В., 86  
Ангонов В. А., 14  
Архипов С. Н., 64  
Бадалян О. Г., 15  
Базилевская Г. А., 48, 49  
Баранов А. С., 14  
Баранов Д. Г., 23  
Белов А. В., 22  
Бембеева И., 62  
Беневоленская Е. Е., 16  
Биленко И. А., 17  
Богод В. М., 18  
Бугаенко О. И., 75  
Вальчук Т. Е., 19  
Вандакуров Ю. В., 20  
Васильева В. В., 21, 22  
Вашенюк Е. В., 22  
Вернова Е. С., 23  
Веселовский И. С., 24  
Воронин Л. А., 35  
Гвоздецкий Б. Б., 22  
Гельфрейх Г. Б., 25, 26, 85  
Гецелев И. В., 26  
Гнедин Ю. Н., 14  
Гольдварг Т. Б., 26, 27  
Граблевский С. В., 83  
Гриб С. А., 28  
Гусева С. С., 28  
Давыдов В. В., 30  
Давыдова Е. И., 30  
Денисов Е. В., 64  
Дергачев В. А., 31, 49  
Джалилов Н. С., 32  
Дмитриев П. Б., 60  
Ерошенко Е. А., 22  
Еселевич В. Г., 33, 34  
Еселевич М. В., 33, 34  
Ефремов В. И., 34  
Жуков В. И., 34  
Зуевич Ф. И., 35  
Иванов В. Г., 36–38, 61  
Иванов Е. В., 35  
Иванова К. Г., 67  
Ихсанов Р. Н., 34, 37–39  
Ишков В. Н., 40, 41  
Кандрашов Э. В., 42  
Каримова Л. М., 56  
Касинский В. В., 42, 43  
Ким С. А., 56  
Ким Гун-Дер, 44  
Ким И. С., 75, 86  
Кичатинов Л. Л., 45, 62  
Ковальцов Г. А., 82  
Козлов В. В., 45  
Козлов В. И., 45  
Кононова Н. К., 19  
Копылова Ю. Г., 26  
Котов В. А., 46, 47  
Котов С. В., 47  
Кочаров Г. Е., 51, 69, 70  
Крайнев М. Б., 23, 48, 49  
Куандыков Е. В., 49  
Кудрявцев И. В., 51  
Кузаян К. М., 52  
Кулагин Е. С., 53  
Куприянов В. В., 53  
Кушталь Г. И., 54  
Лазарев А. В., 35  
Лейко У. М., 54  
Лившиц И. М., 55  
Лившиц М. А., 55, 70  
Линдхольм М., 69, 70  
Лозицкая Н. И., 55  
Макаренко Н. Г., 49, 56  
Макаров В. И., 25, 57–59, 80, 81,  
85  
Макарова В. В., 57

- Мальнева И. В., 19  
 Манженко А. А., 84  
 Марков В. В., 45  
 Марушин Ю. В., 39  
 Милецкий Е. В., 35, 36, 39, 60–62  
 Могилевский Э. И., 19  
 Мордвинов А. В., 62, 63, 72  
 Морозова А. Л., 64  
 Наговицын Ю. А., 26, 27, 35, 62, 65–67, 69, 70  
 Наговицына Е. Ю., 67  
 Никифоров В. Г., 42  
 Обридко В. Н., 15, 68  
 Огурцов М. Г., 51, 69, 70  
 Одинцов В. И., 19  
 Окунев О. В., 67  
 Ораевский В. Н., 32  
 Осокин А. Р., 70  
 Охлопков В. П., 26  
 Панасенко О., 24  
 Парфиненко Л. Д., 34  
 Парчевский К. В., 71  
 Плюснина Л. А., 63, 72  
 Подгорный А. И., 73, 74  
 Подгорный И. М., 74  
 Понявин Д. И., 74  
 Попов В. В., 75  
 Порфирьева Г. А., 76  
 Правдюк Л. М., 67  
 Пудовкин М. И., 64  
 Руденко Г. В., 84  
 Рыбак Я., 15  
 Свиржевский Н. С., 77  
 Селезнев Д. А., 86  
 Сивяков И. Н., 14  
 Сикора Ю., 15  
 Скоморровский В. И., 54  
 Соловьев А. А., 27  
 Стожков Ю. И., 77  
 Стоянова М. Н., 77  
 Струля И. Л., 75  
 Тавастшерна К. С., 78  
 Тлатов А. Г., 22, 25, 44, 57–59, 78–81, 85  
 Тохчукова С. Х., 18  
 Тясто М. И., 23  
 Усоскин И. Г., 82  
 Файнштейн В. Г., 83, 84  
 Фатьянов М. П., 28  
 Федорова Т., 62  
 Филиппов Б. П., 59  
 Хотилович А. В., 84  
 Цап Ю. Т., 26  
 Цветков Л. И., 26  
 Чернавская М. М., 19  
 Чернетский В. А., 70  
 Чучков Е. А., 26  
 Шельтинг Б. Д., 68  
 Шкрабо И. В., 35  
 Шрамко А. Д., 81  
 Эронен М., 69, 70  
 Юнгнер Х., 51, 69, 70  
 Юровский Ю. Ф., 26  
 Якунина Г. В., 76  
 Янке В. Г., 22  
 Callebaut D. C., 59  
 Mursula K., 23, 82  
 Pohjolainen S., 76  
 RiehoKainen A., 25, 76  
 Shibasaki K., 25  
 Sivaraman K. R., 58  
 Ugro S., 76  
 Valtaoja E., 76  
 Webber W. R., 23