

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ГЛАВНАЯ (ПУЛКОВСКАЯ) АСТРОНОМИЧЕСКАЯ
ОБСЕРВАТОРИЯ

**СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ
КАК ФАКТОР КОСМИЧЕСКОЙ ПОГОДЫ**

***IX ПУЛКОВСКАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ФИЗИКЕ СОЛНЦА***

4 – 9 июля 2005 года

Санкт-Петербург
2005

Сборник содержит тезисы докладов, представленных на 9-ю пулковскую международную конференцию по физике Солнца “Солнечная активность как фактор Космической погоды” (4 – 9 июля 2005 года, ГАО РАН, Санкт-Петербург). Конференция проводится Главной (Пулковской) астрономической обсерваторией РАН при поддержке Президиума РАН, Отделения Физических Наук РАН, Российского Фонда Фундаментальных Исследований и Совета “Солнце-Земля” РАН. В конференции принимают участие ученые Российской Федерации, Австрии, Бельгии, Великобритании, Венгрии, Индии, Казахстана, Германии, Дании, США, Словакии, Танзании, Украины, Финляндии.

ОРГКОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ:

СОПРЕДСЕДАТЕЛИ: А.В. Степанов (*ГАО РАН*), А.А. Соловьев (*ГАО РАН*), В.А. Дергачев (*ФТИ РАН*).

ЧЛЕНЫ ОРГКОМИТЕТА: Г.А. Жеребцов (*академик РАН, ИСЗФ, Совет РАН “Солнце-Земля”*), Т.Т. Битвинскас (*Литва*), В.М. Богод (*САО РАН*), И.С. Веселовский (*НИЯФ МГУ, ИКИ РАН*), В.В. Зайцев (*ИПФ РАН*), D.K. Callebaut (*Бельгия*), В.Г. Лозицкий (*Украина*), В.И. Макаров (*ГАО РАН*), Ю.А. Наговицын (*ГАО РАН*), В.Н. Обридко (*ИЗМИРАН*), Ю.И. Стожков (*ФИАН РАН*), Н. Jungner (*Финляндия*).

ЧЛЕНЫ ЛОКАЛЬНОГО ОРГКОМИТЕТА: А.А. Соловьев (*председатель*), Ю.А. Наговицын (*зам. председателя*), Е.В. Милецкий (*зам. председателя*), Т.П. Борисевич (*секретарь*), А.В. Вакорин, А.Н. Вершков, В.Г. Дордий, В.Г. Иванов, Е.А. Киричек, М.А. Кузнецова, Е.С. Никонова, В.И. Плешаков, Я.Б. Станиславич, Е.Л. Терехина.

ISSN 0552–5829

© Главная астрономическая обсерватория РАН, 2005 год.

ПРОГРАММА

IX Пулковской международной конференции

“Солнечная активность как фактор Космической погоды”

4-9 июля 2005 г., Пулково

СЕКЦИИ

- I. Космическая погода и солнечно-земные связи
- II. Поведение солнечной активности на большой временной шкале и изменения климата
- III. Крупномасштабные структуры на Солнце и физические механизмы солнечной активности
- IV. Физические процессы в активных областях на Солнце
- V. Экспериментальные методы и инструменты

КРУГЛЫЕ СТОЛЫ

- I. Подготовка к проведению международного геофизического года 2007
- II. Космический климат
- III. Механизмы солнечной цикличности

4 ИЮЛЯ

- 9.00-11.00 — (Большой конференц-зал). РЕГИСТРАЦИЯ
- 10.00-10.15 — ОТКРЫТИЕ КОНФЕРЕНЦИИ, ВЫСТУПЛЕНИЯ СОПРЕДСЕДАТЕЛЕЙ, ПРИВЕТСТВИЯ
- 10.15-11.30 — I секция. ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ.
Председатель — Степанов А.В.
- 11.30-12.00 — перерыв (кофе, чай)
- 12.00-13.00 — продолжение I секции
- 13.00-14.00 — ОБЕДЕННЫЙ ПЕРЕРЫВ
- 14.00-16.00 — I секция. ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ.
Председатель — Обридко В.Н.
- 16.00-16.30 — перерыв (кофе, чай)
- 16.30-18.30 — I секция. ПОСТЕРНАЯ СЕССИЯ.
Председатель — Гриб С.А.

16.30-18.30 — (Малый конференц-зал. Восточный корпус) Заседание
I КРУГЛОГО СТОЛА. Ведущий — Степанов А.В.

5 ИЮЛЯ

10.00-11.30 — (Большой конференц-зал) II секция. ПЛЕНАРНОЕ
ЗАСЕДАНИЕ. Председатель — Веселовский И.С.

11.30-12.00 — перерыв (кофе, чай)

12.00-13.00 — продолжение II секции

13.00-14.00 — ОБЕДЕННЫЙ ПЕРЕРЫВ

14.00-16.00 — II секция. ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ.

Председатель — Лившиц М.А.

16.00-16.30 — Перерыв (кофе, чай)

16.30-18.30 — (Малый конференц-зал. Восточный корпус) Заседание
II КРУГЛОГО СТОЛА. Ведущие — Дергачев В.А., Наговицын Ю.А.

16.30-18.30 — II секция. ПОСТЕРНАЯ СЕКЦИЯ.

Председатель — Богод В.М.

6 ИЮЛЯ

10.00-11.30 — (Большой конференц-зал) III секция. ПЛЕНАРНОЕ
ЗАСЕДАНИЕ. Председатель — Дергачев В.А.

11.30-12.00 — перерыв (кофе, чай)

12.00-13.00 — продолжение III секции

13.00-14.00 — ОБЕДЕННЫЙ ПЕРЕРЫВ

14.00 -20.00 — КУЛЬТУРНАЯ ПРОГРАММА, ПОЕЗДКА НА АВ-
ТОБУСЕ В ПЕТЕРГОФ

7 ИЮЛЯ

10.00-11.30 — (Большой конференц-зал) III секция. ПЛЕНАРНОЕ
ЗАСЕДАНИЕ. Председатель — Яснoв Л.В.

11.30-12.00 — перерыв (кофе, чай)

12.00-13.00 — продолжение III секции

13.00-14.00 — ОБЕДЕННЫЙ ПЕРЕРЫВ

14.00-16.00 — III секция. ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ.

Председатель — Гельфрейх Г.Б.

16.00-16.30 — Перерыв (кофе, чай)

16.30-18.30 — III секция. ПОСТЕРНАЯ СЕССИЯ.

Председатель — Лозицкий В.Г.

16.30-18.30 — (Малый конференц-зал. Восточный корпус) V секция.
ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ. Председатель — Файнштейн В.Г.

19.00 — ТОВАРИЩЕСКИЙ УЖИН

8 ИЮЛЯ

10.00-11.30 — (Большой конференц-зал) IV секция. ПЛЕНАРНОЕ
ЗАСЕДАНИЕ. Председатель — Распопов О.М.

11.30-12.00 — перерыв (кофе, чай)

12.00-13.00 — продолжение IV секции

13.00-14.00 — ОБЕДЕННЫЙ ПЕРЕРЫВ

14.00-16.00 — IV секция. ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ.

Председатель — Соколов Д.Д.

16.00-16.30 — Перерыв (кофе, чай).

16.30-18.30 — (Малый конференц-зал. Восточный корпус) Заседание
III КРУГЛОГО СТОЛА, Ведущие — Соколов Д.Д., Соловьев А.А.

16.30-18.30 — IV секция. ПОСТЕРНАЯ СЕССИЯ.

Председатель — Макаренко Н.Г.

9 ИЮЛЯ

10.00 — (Большой конференц-зал) ПОДВЕДЕНИЕ ИТОГОВ КОН-
ФЕРЕНЦИИ, ВЫСТУПЛЕНИЯ СОПРЕДСЕДАТЕЛЕЙ И ВЕДУ-
ЩИХ КРУГЛЫХ СТОЛОВ. ПРИНЯТИЕ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО
ПРОВЕДЕНИЮ МЕЖДУНАРОДНОГО ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ГО-
ДА.

12.00 — ОТЪЕЗД УЧАСТНИКОВ

Секция I
**КОСМИЧЕСКАЯ ПОГОДА
И СОЛНЕЧНО-ЗЕМНЫЕ СВЯЗИ**

Solar extreme events in earth tropospheric circulation

T.E. Val'chuk¹, N.K. Kononova²

¹*Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave
Propagation RAS, Moscow, E-mail: val@izmiran.troitsk.ru*

²*Institute of Geography RAS, Moscow, E-mail: yurbor@yandex.ru*

Meteorological situation in October-November 2003 was studied from the point of view of troposphere reaction on strong solar activity phenomena. Over this time interval we have a lot of very important data for analyzing because both geomagnetic and solar activities were connected with power X-rays flares. The magnetosphere storms were of extreme values. Their influence on the atmospheric circulation has been considered using meteorological synoptic charts. The circulation types, responsible for dramatic transformations in troposphere over disturbed periods, have been revealed. The connection of monthly mean number of elementary circulation mechanisms (ECMs) over 100-year series as well as ECMs in October-November 2003 has been studied. The strong response of tropospheric dynamics as a result on extreme solar phenomena (solar X-flare occurrence in geo-effective regions on solar disk and generated strong geomagnetic storms in Earth's magnetosphere) has been recognized. The analysis of solar wind parameters mainly reveals the time interval coincidence of the solar wind velocity and plasma concentration rising with mostly intensive 12 and 13 types of ECM. Probably, individual events in troposphere, pictured on synoptic charts, may be accounting for characteristic features of energy transformations in lower atmosphere. Solar activity (solar flares, coronal mass ejections, filament eruptions, solar characteristic radiation bursts and other) tentatively may influence on the complex nonlinear processes forming of dynamical meridional types of ECM.

**Влияние форбуш-понижений галактических
космических лучей на интенсивность циклонических
процессов в умеренных и высоких широтах**

С.В. Веретененко¹, И.В. Артамонова²

¹ *Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН,
С.-Петербург, E-mail: vereten@SV2135.spb.edu*

² *НИИ Физики СПбГУ, С.-Петербург, E-mail: artamonova@hotmail.ru*

Проведено исследование эффектов форбуш-понижений галактических космических лучей (ГКЛ) в вариациях высот изобарических поверхностей тропосферы по данным 'реанализа' NCEP/NCAR. Обнаружено, что после начала форбуш-понижения наблюдается увеличение давления у южного побережья Гренландии, которое затем распространяется к северо-востоку и через 2–3 дня после начала события охватывает всю область северо-атлантической ветви арктического фронта, включая умеренные широты Северной Атлантики и побережье Северного Ледовитого океана. Показано, что наблюдаемые эффекты обусловлены, как правило, замедлением движения и заполнением циклонов с Северной Атлантики, а также смещением к югу их траекторий и формированием над севером Евразии области повышенного давления. Результаты проведенного исследования показывают, что форбуш-понижения ГКЛ сопровождаются уменьшением интенсивности циклонических процессов в умеренных и высоких широтах, наиболее четко выраженным в области арктического фронта. Наблюдаемое ослабление циклогенеза может быть связано с изменениями структуры термобарического поля нижней атмосферы, обусловленного эффектами ГКЛ в вариациях состояния облачности и соответствующими изменениями радиационно-теплогового баланса.

**Влияние арктического фронта на формирование
долгопериодных эффектов солнечной активности
в вариациях приземного давления
в Северной Атлантике**

С.В. Веретененко, В.А. Дергачев, П.Б. Дмитриев

*Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН,
С.-Петербург, E-mail: vereten@SV2135.spb.edu*

Исследованы долгопериодные изменения приземного давления в умеренных и субполярных широтах Северной Атлантики по данным MSLP

(Mean Sea Level Pressure archive, Climatic Research Unit, UK) за 1874-1995 гг. В холодную половину года (период наиболее интенсивного циклогенеза) в исследуемом регионе обнаружены вариации приземного давления с периодом ~ 80 лет, близким к периоду цикла Глайссберга. Показано, что указанные вариации давления тесно связаны с колебаниями положения арктического фронта, которые также обнаруживают периодичность ~ 80 лет, что наиболее четко выражено для области фронта, расположенной вблизи юго-восточного побережья Гренландии. Обнаружено, что давление в умеренных широтах увеличивается при смещении арктического фронта к югу и уменьшается при его смещении к северу, что обусловлено, по-видимому, более интенсивным формированием и углублением циклонов при приближении фронтальной зоны к гренландскому побережью, где в холодный период года наблюдаются наиболее высокие контрасты температуры. Предположено, что долгопериодные колебания положения арктического фронта, сопровождающиеся изменениями интенсивности циклогенеза, могут быть причиной амплитудной модуляции 11-летней гармоник в вариациях приземного давления, что приводит к появлению линий 9 и 12 лет [1]. Полученные результаты свидетельствуют о существенной роли арктического фронта в формировании долгопериодных эффектов солнечной активности в интенсивности циклонических процессов в Северной Атлантике.

- [1] Veretenenko S.V., Dergachev V.A., Dmitriyev P.B. // Adv.Space Res., 2005, in press.

Усиление регенерации циклонов в Северной Атлантике в связи со всплесками солнечных космических лучей

С.В. Веретененко¹, П. Тайл²

¹ *Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН,
С.-Петербург, E-mail: vereten@SV2135.spb.edu*

² *Датский метеорологический институт, Копенгаген,
E-mail: pth@dmu.dk*

Исследованы эффекты всплесков солнечных космических лучей (СКЛ) с энергиями более 90 МэВ в вариациях ряда метеорологических характеристик атмосферы умеренных и субполярных широт Северной Атлантики по данным 'реанализа' NCEP/NCAR и картам погоды. Обнаружено значительное понижение давления (высот изобарических уровней) во всей

тропосфере, сопровождающееся усилением циклонической завихренности, в районе юго-восточного побережья Гренландии и исландского минимума на следующий день после начала всплеска. Согласно результатам синоптического анализа, указанные эффекты обусловлены регенерацией (вторичным углублением) циклонов, достигших стадии максимального развития. Исследование вариаций термобарического поля нижней тропосферы и расчет адвективных изменений температуры показали, что наблюдаемое углубление циклонов связано с увеличением адвекции холода при их сближении с зоной арктического фронта вблизи юго-восточного побережья Гренландии.

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о заметном влиянии энергичных СКЛ на эволюцию североатлантических циклонов. Важную роль при этом играет зона арктического фронта, разделяющего холодные воздушные массы над Гренландией и более теплые воздушные массы умеренных широт. Полученные результаты позволяют предположить, что всплески энергичных СКЛ вызывают изменения структуры термобарического поля (в частности, увеличение контрастов температуры) в зоне арктического фронта, что способствует более интенсивному углублению циклонов за счет усиления адвекции холода. Причиной увеличения температурных контрастов могут быть изменения радиационно-теплого баланса нижней атмосферы в связи с предполагаемыми эффектами СКЛ в вариациях состояния верхней облачности.

Влияние вариаций потока УФ излучения Солнца в цикле солнечной активности на характеристики экзосферы, ионопаузы и околопланетной ударной волны Венеры

***М.И. Веригин¹, Т.-Л. Zhang², М. Tatrallyay³, Г.А. Котова¹,
А.П. Ремизов¹***

¹*Институт космических исследований РАН, Москва,
E-mail: verigin@iki.rssi.ru*

²*Institut fuer Weltraumforschung, Graz, Austria*

³*KFKI-Research Institute for Particle and Nuclear Physics, Budapest,
Hungary*

Пересечения околосолнечной ударной волны (УВ) космическими аппаратами Венера 4,6,9,10, Mariner 5,10, Pioneer-Venus и Galileo позволили выявить ее основные особенности: положение УВ на терминаторе оказалось слабо зависящим от параметров солнечного ветра в пределах

фиксированной фазы солнечного цикла (Венера 9,10) и значительно изменяющимся в цикле солнечной активности (Pioneer Venus); была обнаружена анизотропия поперечного сечения УВ плоскостью терминатора (Венера 9,10) поставленная под сомнение последующими измерениями на Pioneer-Venus; были выявлены теоретически предсказанные вариации асимптотического положения УВ с изменением конуса Маха (Galileo).

Эти и другие особенности околосолнечной ударной волны воспроизводятся аналитической моделью этой УВ, построенной авторами доклада. Новый подход позволил дополнительно обнаружить утренне-вечернюю асимметрию околосолнечной УВ, выявить вариации и причины вариаций ее подсолнечного положения, изучить изменение положения ионопаузы и давления экзосферной плазмы в цикле солнечной активности.

Работа выполнена при частичной поддержке программы ОФН 18 и гранта РФФИ 03-02-20006-БНТС а.

**Прогнозирование скорости солнечного ветра
по площади экваториальных корональных дыр
с использованием нейронных сетей и сопоставление
с рекуррентными геомагнитными возмущениями**

*И.С. Веселовский, И.Г. Персианцев, А.Ю. Рязанов,
Ю.С. Шугай, О.С. Яковчук*

*Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В.
Скобелевца МГУ, Москва, E-mail: JShugai@srd.sinp.msu.ru*

В работе представлен нейросетевой подход к прогнозированию скорости солнечного ветра по площадям экваториальных корональных дыр. Так же проведен корреляционный анализ зависимости скорости солнечного ветра от площадей корональных дыр и активных областей за период с января 1999 года по май 2005 года.

В настоящее время хорошо известно, что существует заметная связь между наблюдаемой средней скоростью солнечного ветра и площадью корональных дыр на Солнце [1]. Площади и местоположение корональных дыр и активных областей вычислялись по изображениям центральной области Солнца, полученных телескопом EIT/SOHO на длине волны 28.4 нм (<http://sohowww.nascom.nasa.gov>). Были обработаны ежедневные изображения за период с января 1999 года по май 2005 года.

Для решения задачи прогнозирования был применен нейросетевой алгоритм, дающий возможность поиска нелинейных связей между параметрами объектов (корональные дыры, активные области) и скоростью солнечного ветра.

Комитет из нескольких нейронных сетей обучался на данных за период с 1 января 2002 по 31 декабря 2003 года. Каждая из нейронных сетей следила за изменениями значения площади корональных дыр в своем временном интервале в прошлом. Такой подход позволяет автоматически определить интервал задержки между прохождением экваториальной корональной дыры вблизи центрального меридиана Солнца и значением скорости солнечного ветра вблизи орбиты Земли. Величина коэффициента корреляции между реальными и прогнозируемыми значениями скорости солнечного ветра на независимых данных за первые 8 месяцев 2004 год для лучшей сети было равно 0.6. Этот результат согласуется с результатами работ, в которых для определения скорости солнечного ветра около Земли используются измерения магнитного поля на фотосфере (модель Wang и Sheely). Смоделированная таким образом скорость солнечного ветра и наблюдаемые параметры солнечного ветра были сопоставлены с измерениями и индексами геомагнитной активности.

[1] Wang Y.-M., Sheeley N.R. // *Astrophys.J.*, 1990, v.335, p.726–732.

**Фазовый портрет эталонного кардиоцикла человека,
как инвариант индивидуальности личности и критерий
адаптивности организма к вариациям солнечной
активности и техногенным полям**

В.В. Вишневский¹, М.В. Рагульская²

¹ *Институт проблем математических машин и систем НАН
Украины, г. Киев, E-mail: izmiran_r@ukr.net*

² *Институт земного магнетизма и распространения радиоволн
РАН*

Для экспресс-диагностики функционального состояния операторов экстремальных профессий (летчиков, спортсменов, спецназа, пожарных, операторов атомных электростанций и т.п.) в зависимости от вариаций солнечной активности техногенных загрязнений непосредственно перед выполнением производственного задания и при проведении длительных мониторинговых экспериментов, предложена новая математическая методика построение эталонного кардиоцикла в фазовом пространстве. Методика базируется на использовании когнитивной графики для интерпретации биоциклических процессов. Реализация математических построений в телекоммуникационном комплексе <Фазаграф-М> позволила провести эффективный анализ процессов изменения морфологических параметров ЭКГ сердца человека под влиянием вариаций солнечной активно-

сти и стандартных физических нагрузок. Выявлены инвариантные характеристики, позволяющие производить идентификацию личности, и переменные характеристики, отражающие процесс адаптации организма к изменениям внешних условий. Телекоммуникационные качества комплекса <Фазаграф-М> в сочетании с единым порталным сервером сбора и обработки информации существенно расширяют возможности одновременных многоканальных мониторинговых медико-биологических экспериментов в различных городах и труднодоступной местности.

Работа поддержана грантом РФФИ 03-02-16384.

Кросс-вейвлет в анализе солнечно-земных связей

В.В. Давыдов

ГАС ГАО РАН, Кисловодск

Рассматриваются многолетние вариации чисел Вольфа и температуры в отдельных точках Земли. Кроссвейвлетное преобразование позволяет выявить области со значимой общей энергией для сопоставляемых рядов, их относительная фаза может быть использована для подтверждения причинно-следственных связей.

Для температуры в центральной Англии и чисел Вольфа за 220 лет области со значимой общей энергией находятся в диапазоне периодов 8–16 лет и наиболее устойчивы в районе 10–12 лет. Обнаруживается чередование фазовых соотношений-смена относительной фазы на противоположную.

**Скорость спада интенсивности протонов в событиях
СКЛ как обобщенная характеристика
межпланетного пространства**

Е.И. Дайбог, Ю.И. Логачев

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

Процесс распространения энергичных солнечных частиц в межпланетном пространстве определяется его структурой на пути от источника до точки наблюдения и временной профиль потоков частиц содержит определенную информацию о МП и межпланетном магнитном поле. Весьма информативной при этом является форма спада потоков частиц. Спад потоков частиц после максимума, как правило, не зависит от мощности вспышки и определяется в основном средой распространения. При чисто диффузионном распространении солнечных частиц спад потоков после максимума носит степенной характер, однако до 90% событий с энергией частиц несколько МэВ имеют экспоненциальную форму спада, что говорит о важности адиабатического охлаждения и конвективного выноса частиц этих энергий. В этом случае значение характеристического времени спада t должно зависеть от показателя энергетического спектра g , скорости солнечного ветра V и расстояния от Солнца. В работе показано, что существует тенденция уменьшения t с увеличением V и g , а также напряженности магнитного поля. Сравнение результатов одновременных наблюдений на различных космических аппаратах (IMP, ACE, Ulysses) показало, что если временные профили протонов высоких энергий (десятки МэВ), разделенные большими угловыми и радиальными расстояниями, иногда поразительно идентичны, профили протонов с энергией несколько МэВ в тех же событиях на больших удалениях от Солнца имеют гораздо более медленную фазу спада, чем на 1 АЕ. Это не укладывается в рамки обычно принимаемых моделей чисто диффузионного распространения или захвата частиц между сходящимся сильным магнитным полем вблизи Солнца и фронтом ударной волны, ассоциированным с СМЕ, но качественно подтверждает важность конвективного транспорта и адиабатического охлаждения.

Проблемы согласования данных по солнечному ветру в базах данных OMNI и OMNI-2

А.В. Дмитриев, И.С. Веселовский, О.С. Яковчук

*Научно исследовательский институт ядерной физики им Д.В.
Скобелевца, МГУ, Москва, E-mail: dalex@dec1.npi.msu.ru*

Проводится сравнительный анализ основных параметров плазмы солнечного ветра и ММП из баз данных OMNI и ее новой версии OMNI-2. Основными отличиями новой версии являются преимущественное включение в нее с 1999 г. данных с КА ACE, а так же перекалибровка плотности и температуры, начиная с 1971 г. Сравнение временных профилей параметров, усредненных за год с шагом в 27 дней обнаруживает достаточно хорошее согласие в скорости солнечного ветра и напряженности ММП, где абсолютные значения величин разнятся менее чем на 10%. В результате перекалибровки температура солнечного ветра в OMNI-2 повысилась в среднем на 50%, а в 21 и 22 циклах до 100%, однако временные профили температуры остались подобными. Наибольшие расхождения наблюдаются в плотности солнечного ветра, которая в новой версии стала меньше до 50%. Особый интерес представляет разница в динамике плотности в период с 1999 г. По данным OMNI в годы максимума текущего 23 цикла (2000–2001 гг.) наблюдается небольшое возрастание плотности, которое согласуется с аналогичными возрастаниями в максимумах предыдущих циклов. С другой стороны, по данным OMNI-2, такое возрастание плотности в 2000–2001 гг. практически отсутствует. Более того, на фазе спада текущего цикла в 2002–2004 гг. OMNI-2 дает сильное уменьшение плотности солнечного ветра до 3 см^{-3} , в то время как на фазах спада трех предыдущих циклов такое поведение никогда не наблюдалось, а значения плотности по данным OMNI составляли $6\text{--}10 \text{ см}^{-3}$. Такое несоответствие в динамике временного профиля может указывать на систематическое занижение измеренных значений плотности солнечного ветра на КА ACE. Таким образом, проблема достаточно надежного экспериментального определения долговременных изменений параметров солнечного ветра на орбите Земли продолжает оставаться весьма актуальной, в особенности это относится к величине его плотности.

**Зависимость между азимутальным углом
межпланетного магнитного поля и скоростью
солнечного ветра для разных типов потоков и разных
фаз солнечного цикла**

Д.В. Ерофеев

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

Исследована зависимость между азимутальным углом ММП и скоростью солнечного ветра для трёх типов потоков (“спокойный” ветер, рекуррентные и транзиентные высокоскоростные потоки) и для разных фаз солнечного цикла. По данным за 1964–2002 гг., полученным с сайта NSSDC OMNI, определена величина $\text{ctg}(A)$, где A — азимутальный угол спирали ММП, в зависимости от скорости солнечного ветра V и типа потока. Теоретически для квазистационарных потоков должна иметь место линейная зависимость вида $\text{ctg}(A) = hV$, где коэффициент h приблизительно пропорционален периоду вращения источников солнечного ветра в короне.

Зависимость между $\text{ctg}(A)$ и V , построенная без разделения данных по типам потоков солнечного ветра, заметно отличается от линейной. В то же время такие зависимости, построенные отдельно для “спокойного” ветра и высокоскоростных потоков (ВП) рекуррентного типа, оказываются близкими к линейным, но обладают заметно различающимися коэффициентами наклона h . Кроме того, значения h существенно изменяются с фазой солнечного цикла, что скорее всего отражает изменение среднего периода вращения источников солнечного ветра. Характер этого изменения как для “спокойного” ветра, так и для рекуррентных ВП указывает на сравнительно большие значения периода вращения в минимуме солнечного цикла. В случае ВП рекуррентного типа коэффициент h систематически изменяется в теле потока, т.е. обнаруживает зависимость от долготы. Это может быть следствием сверхрадиальной расходимости силовых линий магнитного поля в области ускорения солнечного ветра. У нестационарных ВП транзиентного типа зависимость $\text{ctg}(A)$ от V , при достаточном статистическом усреднении, также близка к линейной, но со сравнительно малым наклоном к оси V , который не соответствует периодам вращения каких-либо структур на Солнце.

**Связь между солнечными и межпланетными
магнитными полями для полей разного типа
симметрии относительно гелиоэкватора**

Д.В. Ерофеев

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

Антисимметричная относительно гелиоэкватора компонента ММП хорошо выражена на фазах минимума и роста 11-летнего цикла, и в это время амплитуда её изменяется так же, как средняя напряжённость фотосферного магнитного поля на широтах выше 60° . Соотношение B_x и B_y компонент даёт сравнительно малый азимутальный угол ММП $\approx 35^\circ$, что также указывает на высокоширотные источники магнитного поля с низкой скоростью вращения. Хотя фазы минимума и роста цикла характеризуются низкой средней скоростью солнечного ветра, антисимметричная компонента ММП связана главным образом с высокоскоростными потоками, в медленном ветре с $V < 430$ км/с она почти не проявляется. В период между сменой знака полярного поля Солнца и минимумом цикла антисимметричная компонента ММП имеет сравнительно малую амплитуду. Это, по-видимому, объясняется “экранированием” высокоширотного поля Солнца корональными дырами и другими магнитными структурами, расположенными на низких широтах.

Симметричная относительно гелиоэкватора компонента ММП коррелирует с симметричной составляющей зонального магнитного поля Солнца, расположенной на широтах ниже 25° , тогда как для более высоких широт имеет место нулевая или отрицательная корреляция между ними. Соотношение компонент B_x и B_y даёт сравнительно большой азимутальный угол ММП $\approx 55^\circ$, что также соответствует низкоширотному расположению фотосферных источников ММП. Величина симметричной компоненты ММП примерно в равной степени определяется вкладом быстрых и медленных потоков солнечного ветра.

Таким образом, компоненты ММП разной экваториальной симметрии преимущественно связаны с фотосферными полями, расположенными на разных широтах, и соответственно с потоками солнечного ветра разной структуры: в случае антисимметричной компоненты — с потоками, сходящимися к экватору, в случае симметричной — с потоками, направленными под небольшими углами к нему.

**Взаимосвязи геомагнитных возмущений
с параметрами солнечного ветра и характеристиками
солнечной активности**

В.Г. Иванов, Е.В. Милецкий

Главная астрономическая обсерватория РАН, С.-Петербург;

E-mail: solar1@gao.spb.ru

Для характеристик геомагнитной и солнечной активности, а также параметров солнечного ветра проведено исследование их взаимосвязей. Для этого были использованы ежедневные значения индексов за 1976–2001 гг.

Найдены относительно простые соотношения (модели), связывающие временные вариации индексов геомагнитной активности и параметров солнечного ветра.

Полученные модели позволяют количественно оценивать степень влияния различных параметров солнечного ветра на геомагнитную активность. Такой подход существенно облегчает как физическую интерпретацию моделей, так и их сравнение с уже известными соотношениями.

Точность моделей, найденных по той же методике и связывающих геомагнитные индексы с характеристиками солнечной активности оказывается существенно меньше.

Работа выполнена при поддержке грантов: INTAS 2001-0550, РФФИ 03-02-17505, 04-02-17560 и 05-07-90107, а также программ Президиума РАН “Солнечная активность и физические процессы в системе “Солнце–Земля”” и ОФН РАН “Плазменные процессы в солнечной системе”.

**Околоземное космическое пространство: современное
состояние оценки возмущающих воздействий
солнечными активными явлениями**

В.Н. Ишков

*Институт земногомагнетизма, ионосферы и распространения
радиоволн им. Н.В. Пушкова Троицк, E-mail: ishkov@izmiran.ru*

Начальный этап освоения космоса и развитие высокотехнологических систем поставили в повестку дня проблему оценки состояния и прогноза обстановки ближнего космоса, а в перспективе и любой области гелиосферы. Под термином “КОСМИЧЕСКАЯ ПОГОДА” понимается состояние магнитосферы, ионосферы, тропосферы и т.д., — всех слоев околоземного космического пространства в любой заданный отрезок времени,

которое определяется активными явлениями на Солнце. Электромагнитные и плазменные возмущения от солнечных геоэффективных явлений (вспышечные процессы, корональные дыры) через солнечный ветер распространяются в гелиосфере, воздействуют на магнитосферы планет, их спутников и комет и вызывают значительные отклонения от фонового, спокойного состояния практически всех слоев рассматриваемых объектов. Полную цепочку возмущений от отдельного большого вспышечного события можно представить в виде трех отдельных этапов воздействия:

1 – ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ УДАР, воздействует в момент развития вспышки, во время которого в коротковолновом диапазоне ЭМИ поток повышается на несколько порядков. Например в диапазоне мягкого рентгена 1–8 Å возрастание потока может достигать 4 порядков. В настоящее время введена пятибалльная шкала оценки этого рода возмущений, которая меняется от R1 для вспышек балла М до R5 для самых мощных вспышек, балл которых >X12.5.

2 – ВЫБРОС СОЛНЕЧНЫХ ЧАСТИЦ (протонов, электронов, нейтронов) с энергиями $E > 10$ МэВ, которые, достигая ОКП, вызывают солнечные протонные события. Для характеристики СПС в ОКП тоже введена пятибалльная шкала оценки уровня потока протонов от S1 для потока протонов 10 ч/сек стер см², до S5 для потока протонов на четыре порядка больше.

3 – ПЛАЗМЕННЫЙ УДАР (межпланетные ударные волны, транзитные структуры), распространяющиеся в солнечном ветре и представляющие собой возмущения достигающие околоземное космического пространства за 1.5–5 суток и вызывающие в ОКП магнитные и ионосферные бури. Для оценки интенсивности высокой геомагнитной активности также введена пятибалльная система от G1 для геомагнитных бурь с Kp=5 до G5 для больших геомагнитных возмущений с Kp=9.

Под прогнозом геоэффективных солнечных явлений здесь понимается совокупность всех видов прогнозов, в задачу которых входит расчет развития процессов и явлений, происходящих в солнечной атмосфере и влияющих на магнитную и радиационную обстановку в ОКП на заданные интервалы времени.

Выбросы метана и угля и космофизические факторы

А.К. Кириллов

*Институт физики горных процессов НАН Украины, г. Донецк,
Украина, E-mail: kirillov@zero.fti.ac.donetsk.ua*

Вопросы безопасности в угольной промышленности Донбасса являются первостепенными. Несмотря на проведение операций по дегазации, выбросы метана и угля не прекращаются, особенно при увеличении глубины выработки. Все газодинамические явления (ГДЯ) можно разделить на три большие группы: 1) внезапные выбросы (ВВ) метана и угля; 2) внезапные выбросы, связанные с дистанционным управлением угледобывающих механизмов; 3) выбросы, инициированные взрывными работами. Наиболее опасны ВВ, поскольку выбросы других групп удастся избежать, корректируя технологию производства (2), или прогнозировать с достоверностью 100% (3).

Принято, что среди космофизических факторов, инициирующих ГДЯ, наиболее вероятны приливообразующие вариации силы тяжести и солнечная активность (СА) [1]. Несмотря на статистическую достоверность связи, первый фактор не выдерживает никакой критики со стороны специалистов горной науки, так как вариации напряжений, создаваемых приливными деформации, чрезвычайно малы. Механизмы воздействия солнечной активности на формирование ВВ метана в угольных шахтах до сих пор не получили должного обоснования. Предполагается, что СА может приводить изменениям скорости вращения Земли [2].

На основе данных Мак НИИ за период 1975–2003 гг. проведен анализ временных рядов ВВ. Построены распределения частоты выбросов, спектры мощности методом БПФ, рассмотрена связь ВВ с полярностью межпланетного магнитного поля (ММП) и фазами Луны, магнитными бурями с внезапным началом. Показано, что частота ВВ максимальна вблизи основных фаз — новолуния и полнолуния. Из 208 событий за 1975–1990 гг. в интервалы фаз относительно основных ± 0.2 попало 70% ВВ, для 1991–2003 гг. — только 54%. В то же время распределение по фазам коррелирует с частотой ВВ, происходящих в отрицательных секторах ММП. Распределение количества ВВ и объема метана при выбросах в течение года имеет максимумы в январе, марте и октябре, что косвенно указывает на зависимость от возмущенности геомагнитного поля вблизи дат равноденствий. Получена положительная корреляция количества ВВ с фазой 11-летнего цикла СА ($R=0.66$, $P>0.95$) на протяжении 21–23 циклов.

Полученное методом наложенных эпох распределение ВВ относительно момента смены полярности секторной структуры ММП подтверждает возрастание количества выбросов при пересечении Землей границы и в периоды ее нахождения в отрицательном секторе. Физическим механизмом, объясняющим это явление, может быть резкое изменение угловой скорости вращения Земли на уровне $3 \cdot 10^{-8}$ сек/сутки, при котором значения вариаций ускорения вращения Земли достигают величин, сравнимых с приливообразующим ускорением. Именно в эти моменты возрастает поток тепловых нейтронов, связанных с выделением радона из литосфе-

ры [3].

Предложен метод прогноза этих событий в приближении модифицированного пуассоновского потока с использованием фазовых портретов последовательности ВВ.

- [1] Приходько С.Ю. // Автореф. канд. дисс., Днепропетровск, 2002.
- [2] Challinor R.A. // Science, 1971, V. 172, N 3987, p.36–39.
- [3] Володичев Н.Н. и др. // Вестник МГУ, сер. физика, астрономия, 2002, N 5, с.69.

Связь солнечной активности и вариаций атмосферного давления в г. Донецке

А.К. Кириллов¹, Н.Г. Кириллова²

*¹Институт физики горных процессов НАН Украины,
E-mail: kirillov@zero.fti.ac.donetsk.ua*

*²Донецкий физико-технический институт НАН Украины,
E-mail: nata@mail.fti.ac.donetsk.ua г. Донецк, Украина*

Исследование воздействия солнечной активности на погоду и климат имеет долгую историю. Однако в настоящее время данная проблема остается актуальной. Для прогноза и создания современных моделей воздействия активных процессов на Солнце привлекаются традиционные приемники излучения наземного базирования и космические средства.

Принимают, что основным каналом, обеспечивающим отклик атмосферы и ее приземного слоя, является корпускулярный. Он реализуется через вариации потока солнечного ветра, выбросы корональных масс, солнечные вспышки и солнечные космические лучи. Следует учитывать важную роль в реализации солнечно-атмосферных связей электромагнитного канала, основой которого является отклик ионосферы на коротковолновое излучение.

В данной работе рассмотрены временные ряды изменения атмосферного давления за 2000–2002 гг. и их связь с прохождением групп солнечных пятен через центральный меридиан видимого диска Солнца. Основным методом исследования — метод наложенных эпох (МНЭ). Анализировались 26 групп солнечных пятен с площадью $S > 300$ мд. Из рассмотрения исключены отрезки времени, на которых невозможно разделить влияние нескольких групп. При использовании МНЭ анализировались относительные изменения давления (в %): $DP_i = (P_i/P_0 - 1) \cdot 100$, где P_0 , P_i — давление в

11-00 час. местного времени в реперный и другие дни соответственно. Индекс i изменяется в интервале от -5 до +12 относительно реперного ($i=0$). Основные источники данных: о прохождении пятен через центральный меридиан и их площади — сайт <http://www.solar.ifa.hawaii.edu/>, данные по солнечной и геомагнитной активности — сайт <http://www.dxlc.com/solar/index.html>, давление — Донецкий областной центр по гидрометеорологии.

Получено, что атмосферное давление в среднем уменьшается на 2–4 дни после реперного на 0.35% и снова возвращается к невозмущенному уровню на 10-й день. Этот результат значим только на уровне 0.1. Применение МНЭ к индексу возмущенности геомагнитного поля AP показало совпадение моментов минимума давления с максимумом индекса AP. Средние значения индекса на 3–5 дни составили 21.2–24.6. В рамках традиционной модели воздействия солнечного ветра такое запаздывание соответствует средней скорости 430 км/с.

Изученные 26 событий не охватывают все моменты резкого понижения давления в г. Донецке за 2000–2002 гг. Поэтому была поставлена задача — выяснить зависимость этих событий от таких процессов в солнечной атмосфере как рентгеновские и оптические вспышки, а также связать изменения давления со сменой знака полярности межпланетного магнитного поля (ММП). Привлекались данные сайта <http://www.izmiran.ru/space/solar/forecast.shtml> и ежегодные обзоры по солнечной активности В. Ишкова.

Из 56 минимумов давления 42 события (75%) соответствовали моментам смены знака полярности ММП. Только 20 из 69 вспышек удалось связать с минимумами давления. Применение МНЭ, когда в качестве реперного была дата прохождения группы пятен через центральный меридиан, рассмотренные выше, позволило выделить значимость балла рентгеновских вспышек и связать их с минимумами давления на 2–4 дня после реперного. Наиболее значимыми оказались данные для вспышек балла М и X. Максимумы частоты вспышек наблюдаются за 4 дня до прохождения больших групп пятен через центральный меридиан, а также через 1 и 3 дня после этого момента. Оптические вспышки концентрируются за три дня до реперного, в день прохождения группы через центральный меридиан и через 3–4 дня после этого момента. Тем самым удается объяснить наличие максимума возмущенности геомагнитного поля, который наступает на 3–5 дня после реперного дня. Следует признать также значимость электромагнитного канала воздействия солнечной активности на тропосферу в результате отклика ионосферы на УФ и мягкий рентген для объяснения неожиданных падений атмосферного давления, несвязанного с циклонической активностью.

Приводится также анализ связи минимумов давления с магнитными бурями различных баллов и протонными событиями.

О зоне секторной структуры и гелиосферном токовом слое межпланетного магнитного поля

М.Б. Крайнев

*Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва,
E-mail: kraïnev@fan.fian.dns.mipt.ru*

Среди характеристик гелиосферы, важных для космической погоды, особое место занимают характеристики полярности межпланетного магнитного поля (ММП) — угла наклона к экватору глобального гелиосферного токового слоя α_{CS}^{IMF} и широтной границы зоны секторной структуры λ_{SS}^{IMF} межпланетного магнитного поля. Они важны для процессов в магнитосфере Земли, для интенсивности галактических космических лучей в гелиосфере, определяют положение в ней высоко- и низкоскоростных потоков солнечного ветра. Однако прямые систематические измерения характеристик ММП начались лишь с середины 1960-х годов и в основном проводятся на низких широтах в районе орбиты Земли. Систематические измерения крупномасштабного фотосферного магнитного поля (по полярности которого после пересчёта на т.н. поверхность источника можно с достаточной точностью определить α_{CS}^{IMF} и λ_{SS}^{IMF}) тоже ведутся лишь с середины 1970-х годов.

В докладе обсуждаются некоторые проблемы, связанные с α_{CS}^{IMF} и λ_{SS}^{IMF} , а также связи последней характеристики с характеристиками пятнообразовательной (площадь солнечных пятен S_{SS} и их средняя гелиоширота λ_{SS}), и высокоширотной (напряженность фотосферного магнитного поля в полярных областях B_{POL}) ветвей солнечной активности. Установленные связи позволяют неплохо описать поведение λ_{SS}^{IMF} за 21–23 цикла солнечной активности. Можно надеяться, что если в качестве характеристики высокоширотного фотосферного магнитного поля использовать число полярных факелов N_{FAC} , то удастся оценить λ_{SS}^{IMF} за многие годы, когда ещё не проводились систематические измерения крупномасштабных фотосферных магнитных полей, но измерения характеристик солнечных пятен и полярных факелов уже велись.

**О связях между характеристиками солнечной
активности и интенсивностью галактических
космических лучей и ожидаемом поведении
интенсивности в 2005–2009 гг.**

М.Б. Крайнев¹, В.И. Кафтан²

¹ *Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва,
E-mail: krainev@fian.fian.ru, mipt.ru*

² *Центральный НИИ геодезии, аэрофотосъемки и картографии,
Роскартография, Москва, E-mail: Kaftan@geod.ru*

Среди характеристик гелиосферы, обуславливающих поведение в ней интенсивности галактических космических лучей (ГКЛ), выделяются напряженность регулярного межпланетного магнитного поля B_{IMF} и угол наклона к экватору глобального гелиосферного токового слоя α_{CS} . В первом приближении о долговременном поведении B_{IMF} и α_{CS} можно судить, соответственно, по числам Вольфа R_i (или площади солнечных пятен S) и углу наклона к экватору токового слоя на поверхности источника межпланетного магнитного поля α_{SS} .

В докладе с применением известной методики ([1]) исследуется зависимость наблюдаемых характеристик интенсивности ГКЛ (скорости счёта счётчика Гейгера в максимуме высотной кривой в стратосфере над станциями Мурманск и Москва, а также разность указанных скоростей счёта) от S и α_{SS} в периоды с противоположной полярностью A гелиосферного магнитного поля в 21–23 циклах солнечной активности. Переносим установленные для 1983–1989 гг. ($A < 0$) коэффициенты связи между интенсивностью ГКЛ и S , α_{SS} на текущий период 2004–2010 гг. (тоже $A < 0$) и используя результаты прогноза S и α_{SS} на период 2005–2009 гг. (см. [2]), мы определяем ожидаемое поведение интенсивности ГКЛ в ближайшие пять лет и сравниваем его с результатами прогноза интенсивности ГКЛ в этот же период ([2]). Кратко обсуждается ожидаемое поведение интенсивности ГКЛ в дальней гелиосфере.

- [1] Крымский Г.Ф. и др. // Нейтральный слой и дрейф частиц в долго-периодных вариациях космических лучей, Изв. РАН, сер. физ., 65(3), 2001, с.353–355
- [2] Кафтан В.И., Крайнев М.Б. // Прогноз развития текущего солнечного цикла в характеристиках солнечной активности и галактических космических лучей., Труды данной конференции.

Геомагнитные и климатические проявления вариаций солнечной активности

Н.И. Лозицкая

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

Проведено сравнение вариаций среднегодовых значений возмущенности горизонтальной составляющей геомагнитного поля низких широт — индекса Dst и планетарного индекса Kp с гелиомагнитными индексами Bsp и Hm. Получено, что с 1957 по 1995 гг. коэффициент корреляции между Bsp и Dst был -0.38 ($p < 0.01$), а между Hm и Dst — почти вдвое выше, -0.72 ($p < 0.001$). Между Kp и Bsp $r = 0.37$ ($p < 0.05$), Kp и Hm 0.68 ($p < 0.001$). Корреляция нового индекса магнитных полей пятен Hm с геомагнитной возмущенностью значительно выше, с числами Вольфа. С глобальной температурой лучше коррелирует индекс Bsp, $r = 0.46$ ($p < 0.005$).

Daily variations of the TOMS Aerosol Index during solar proton events and Forbush decreases of intensity of galactic cosmic rays

I.A. Mironova

*St. Petersburg State University, Institute of Physics, St. Petersburg,
E-mail: mironova@geo.phys.spbu.ru*

The data from NASA's Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) to measure the relative amount of aerosol-solid or liquid particles suspended in the atmosphere have been considered. The daily variations of aerosol index of TOMS are analyzed from 1996 till 2005. The great statistic of the data distributed over the world allow us to consider separately aerosols over Equator, Northern and Southern Hemispheres.

It is well known that solar and galactic protons of cosmic rays penetrate up to low atmosphere and can influence the atmospheric parameters and processes. The troposphere and stratosphere at high and low latitudes respond differently to the change of cosmic ray fluxes. This difference is explained by influence of the Earth's magnetic field (cutoff effect of geomagnetic field). Only high-energy particles penetrate to the low stratosphere on middle and low latitudes.

Thereby in this paper we investigate the latitudinal variations of the TOMS aerosol index depending on solar proton events and Forbush decreases of galactic cosmic rays. It is found that an increase of penetrating solar protons into

atmosphere of the Earth have different influence on aerosol at various latitudes. Opposite effect has place after decrease of galactic protons.

Влияние космической погоды на организм человека и медицинскую статистику

В.Н. Обриджо, М.В. Рагульская

ИЗМИРАН, Москва,

E-mail: obridko@izmiran.rssi.ru, ramary2000@yahoo.com

Ежедневными 7-летними биомедицинскими мониторинговыми измерениями экспериментально подтверждается влияние космической погоды на людей, как на уровне отдельных личностей, так и на уровне обобщающих данных медицинской статистики. Обсуждаются результаты комплексного эксперимента по выявлению воздействия нестационарных солнечных процессов на состояние человеческого организма. На базе постоянной группы из 30 обследуемых ИЗМИРАН с марта 1998 г. и по настоящее время ведутся ежедневные измерения электрической проводимости 22 контрольных биологически активных точек кожи, артериального давления, пульса, регистрация параметров 1-го отведения ЭКГ и субъективных ощущений обследуемых (более 100 000 измерений на фоне более 450 магнитных бурь). По оригинальной методике выполнено сравнение полученных рядов данных с вариациями значений различных параметров внешней среды за описываемый период, таких как локальный А-индекс, атмосферное давление, температура, индексы космических лучей, а также с данными медицинской статистики по отделению интенсивной терапии ЦКБ №3 г. Москвы за 1998–2000 гг. Проведенный статистический анализ данных наблюдений показал, что гипотеза о случайности совпадений резких изменений в состоянии здоровья большой группы людей с флуктуациями атмосферного давления, увеличением числа солнечных пятен, ростом геомагнитной активности может быть отвергнута на уровне статистической значимости 0.01. Проведенные исследования свидетельствуют о существовании последовательной трехфазной (гиперфункция—гипофункция—релаксация) реакции человеческого организма на резкие солнечные возмущения, наличия <полугодовой волны> в синхронизации работы внутренних органов, и наличии сезонных максимумов инфарктов и инсультов. Традиционные сезонные обострения хронических заболеваний по времени совпадают с периодами увеличения числа магнитных бурь при прохождении Землей точек весеннего и осеннего равноденствия. Число тяжелых реанимационных случаев находится в антикорреляционной зависимости от интенсивности вариаций магнитного поля Земли.

Для выявления планетарного характера наблюдаемых эффектов и нивелирования местных особенностей были проведены одновременные измерения на одинаковой приборной базе в различных городах, расположенных в интервале 38° - 60° с.ш. (Москва, Санкт-Петербург, Киев, Одесса, Симферополь, Неаполь). Для исключения субъективного фактора обмен данными производился раз в 2 месяца. Исследования показали, что реакция на одиночные магнитные бури:

- проявляется как на индивидуальном, так и на коллективном уровне,
- в пределах суток является одновременной в разных городах,
- в 40% случаев опережает развитие магнитной бури на сутки (т.е. связано с факторами солнечной активности и космической погоды, а не изменениями геомагнитного поля).

Проведенный спектральный и кросс-корреляционный анализ выявил совпадение всех основных периодов спектрограмм коллективных биологических параметров в различных городах, а также совпадение этих периодов с периодами вариаций атмосферного давления, увеличения числа солнечных пятен и роста геомагнитной активности. Совпадение всех основных периодов в спектрограммах <коллективного отклонения> функциональных параметров в различных городах означает, что именно общепланетарные внешние факторы являются управляющими для экзогенных ритмов организма человека. Такими факторами могут служить только вариации естественных внешних полей (магнитосферы, ионосферы и атмосферы), вызванные в конечном итоге изменениями магнитного поля Солнца.

Работа поддержана грантом РФФИ 03-02-16384.

Потоки протонов солнечных и галактических космических лучей по данным измерений IMP-8

М.В. Подзолко¹, И.В. Гецелев¹

¹ *Научно-исследовательский институт ядерной физики
им. Д. В. Скобелевича, Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова, E-mail: getslev@mail.ru*

Рассмотрены данные о потоках протонов солнечных (СКЛ) и галактических (ГКЛ) космических лучей с энергиями $>1, 2, 4, 10, 30$ и 60 МэВ с 1973 г. по данным измерений на орбите Земли за пределами магнитосферы на космическом аппарате IMP-8. По этим данным рассчитаны суммарные флюенсы протонов СКЛ и ГКЛ за длительные интервалы времени от 3 месяцев до 10 лет.

Статистический анализ полученных данных показал, что распределение флюенсов протонов по величине описывается логнормальным законом, а распределение значений флюенсов, которые не будут превышены с одинаковой вероятностью, по энергии хорошо аппроксимируется степенной зависимостью. Больше того, показатель энергетического спектра имеет гладкую зависимость от величины вероятности. Это позволило построить достаточно простую, компактную и точную модель суммарных флюенсов протонов СКЛ и ГКЛ на орбите Земли за пределами магнитосферы.

В ходе этих исследований было обнаружено, что ряд данных примерно с середины 1989 г. претерпевает качественные изменения. До этого момента временные профили “фона” среднесуточных потоков протонов с энергиями >10 и >60 МэВ практически “склеиваются” и находятся на уровне от $0.15 \text{ см}^{-2} \cdot \text{сек} \cdot \text{стр}$ в максимуме до $0.4 \text{ см}^{-2} \cdot \text{сек} \cdot \text{стр}$ в минимуме солнечной активности. Начиная с середины 1989 г. значения фоновых потоков с энергиями >10 и >60 МэВ уже различны и возрастают до уровня от $0.2 \text{ см}^{-2} \cdot \text{сек} \cdot \text{стр}$ для >60 МэВ протонов ($0.3 \text{ см}^{-2} \cdot \text{сек} \cdot \text{стр}$ для >10 МэВ протонов) в максимуме до $0.55 \text{ см}^{-2} \cdot \text{сек} \cdot \text{стр}$ ($0.8 \text{ см}^{-2} \cdot \text{сек} \cdot \text{стр}$ соответственно) в минимуме солнечной активности. Показатель энергетического спектра флюенсов протонов до середины 1989 г. с увеличением интервала времени стремится к -1.3 , тогда как после середины 1989 г. — к -1 (в эту величину больший вклад вносят уже потоки протонов от солнечных протонных вспышек). Мы предполагаем, что это следствия сбоя в аппаратуре спутника, произошедшего в 1989 г., когда имели место сильные солнечные вспышки.

Также приводятся временные профили флюенсов протонов СКЛ и ГКЛ относительно времени солнечного цикла, определяются активные и пассивные фазы цикла.

Геомагнитная активность в XIX и XX столетиях

Д.И. Понявин, С.Н. Терёхин

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

В работе сравнивается поведение геомагнитной активности за XIX и XX столетия. В качестве меры геомагнитной активности взяты среднесуточные десятибалльные индексы C9, составленные Зосимович с 1841 г. по

1910 г. по данным Главной физической обсерватории Павловска (Санкт-Петербург) [1] и индексы, восстановленные по наблюдениям магнито-метеорологической обсерватории Хельсинки (1844–1880 гг.) [2]. Геомагнитные индексы сопоставлены друг с другом с целью выявления общих закономерностей поведения и трендов геомагнитной активности в XIX веке. Временные вариации геомагнитных индексов в цикле солнечной активности сравниваются с аналогичными вариациями геомагнитной активности в XX веке. Рассмотрена частота и особенности появления сильных геомагнитных возмущений (супербурь) в XIX и XX столетиях.

- [1] Зосимович И.Д. // Геомагнитная активность и устойчивость корпускулярного поля Солнца, Москва: Наука, 1982.
- [2] Nevanlinna H., Kataja E. // An extension of the geomagnetic activity index series aa for two solar cycles (1844–1868), Geophys.Res.Lett., 20, 2703–2706, 1993.

Наблюдения крупных пятен в минимуме Маундера и солнечно-земные связи

В.С. Прокудина

ГАИШ МГУ, Москва, Россия

Известно, что в период Минимума Маундера (1645–1715 гг.) 11-летние циклы солнечной активности были аномально низкими. Однако солнечные пятна не исчезали, а напротив, наблюдались активные области, существовавшие в течение двух оборотов, по которым впервые был определен период вращения Солнца. Кроме того, наблюдалась N-S асимметрия появления пятен на диске. Замечательной особенностью этого периода являлась и климатическая аномалия (малый ледниковый период). Похолодание прослеживается и по дендрохронологическим данным, в частности, по кольцам деревьев в Аризоне. Причиной похолодания в Европе во время Минимума Маундера возможно, было изменение течения Гольфстрим, теплые воды которого не достигали Европы. Изменения глобальной океанической циркуляции могло быть связано с изменением угловой скорости вращения Земли. Не исключено, что прохождение солнечной системой пылевых облаков галактического происхождения, о чем свидетельствует обилие комет с большим наклоном к эклиптике, могло привести к изменению углового момента Солнца и планет. Итак, периоды ослабления солнечной активности и похолодания на Земле Возможно, связаны с внешним воздействием и перераспределением угловых моментов в солнечной системе.

Аномальное движение спутника во время мощных геомагнитных бурь

В.С. Прокудина¹, И.А. Лисов²

¹*ГАИШ МГУ, Москва, Россия*

²*Новости Космонавтики, Москва, Россия*

Изучается связь между аномальными движениями спутника и геомагнитными возмущениями. Анализируются отклонения от среднего движения нано-спутника SNAP-1 по орбите ($i = 98$, $a=700$ км) за период 2000–2003 гг.

Сравнение с геомагнитными параметрами Dst Ap показало, что во время мощных геомагнитных бурь наблюдаются наибольшие возмущения в движении спутника. Приводятся данные о явлениях солнечной активности, предшествующих геомагнитным бурям.

О возможной корреляции геофизических и метеопараметров по данным Нижегородского региона

***В.Ю. Савельев, А.В. Елисеева, В.М. Фридман,
О.А. Шейнер***

*Федеральное государственное научное учреждение
“Научно-исследовательский радиофизический институт”, Нижний
Новгород, E-mail: rfj@nirfi.sci-nnov.ru*

Известно, что проявления солнечной активности влияют на состояние магнитосферы Земли, отражением чего является динамика величины Кр-индекса. Известны также факты реакции тропосферы на геомагнитные бури, особенно в северном полушарии, обусловленные явлениями солнечной активности [1]. В то же время изучение проблем влияния солнечной активности на состояние тропосферы характеризуется на современном этапе установлением корреляции уровня солнечного излучения и тропосферных параметров на вековых и квази-двухлетних временных интервалах (см. обзор [2] и ссылки в нем).

С целью развития данного направления работ нами проанализирована динамика среднесуточных величин метеопараметров и Кр-индекса на протяжении ~ 9 месяцев для осенне-зимнего и весеннего периода 2004–2005 годов.

В качестве анализируемых выбраны следующие метеопараметры в приземном слое: атмосферное давление, относительная влажность воздуха,

температура, скорость ветра, а также облачность. Среднесуточные значения данных по Нижегородскому региону взяты с сайта <http://meteo.infospace.ru>. Значения Кр-индекса – из сети Internet с сайта <http://www.sel.noaa.gov/today.html>.

Проведено сравнение общих рядов обработанных данных. Выделены периоды, в которые наблюдается высокая корреляция изменений значений Кр-индекса с влажностью и давлением в приземном слое атмосферы и эти периоды проанализированы на наличие проявлений солнечной активности.

Полученные результаты обсуждаются с точки зрения современных представлений о солнечно-тропосферных связях.

Работа выполнена при поддержке гранта ФЦП “Интеграция” (раздел “Космическая погода”), а также гранта РФФИ №03-02-16691.

[1] Смирнов Р.В.// Астр. журн., 1984, т.61, с.1168.

[2] Авдюшин С.И., Данилов А.Д.// Геомагн. аэрон., 2000, т.40, №5, с.3.

О влиянии геомагнитной активности на число случаев насильственной смерти в Санкт-Петербурге в различные фазы лунного цикла

В.Ю. Серпов, А.С. Степанова, А.В. Храмов

*Балтийский Государственный Технический Университет им.
Д.Ф. Устинова*

Известно влияние геомагнитной активности на различные медико-социальные показатели. Этому вопросу были посвящены тысячи исследований, однако низкая повторяемость результатов заставляет предположить одновременное воздействие на человека и других экологических факторов. Одним из таких факторов могут быть гравитационные возмущения в определенные фазы лунного цикла.

Целью данной работы является исследование воздействия геомагнитных возмущений на частоту случаев насильственной смерти в С-Петербурге в различные фазы лунного цикла.

В период 1999–2003 г. В С-Петербурге зарегистрировано 4500 самоубийств. За этот же период были исследованы 3428 убийств в Ленинградской области. Нами были выбраны данные об убийствах именно в

области, так как в условиях мегаполиса это явление в большей мере зависит от социальных причин. Кроме того, в 1999–2002гг. изучалась динамика тяжелых (часто смертельных) несчастных случаев на производстве по С-Петербургу. Вышеуказанные статистические данные сопоставлялись с 3-х часовыми и среднесуточными значениями геомагнитной активности в регионе (геофизическая станция “Горьковская”, С-Петербург). Данные о светимости Луны были изучены по астрономическому календарю. Следует отметить, что максимальные гравитационные возмущения отмечаются в новолуние и полнолуние, а минимальные — при светимости Луны 50% на стыке 1-2-й (50%↑) и 3-4-й (50%↓) фаз.

На первом этапе работы мы проанализировали суточный К-индекс в различные фазы лунного цикла и выделили три варианта геомагнитной активности: “снижение”, “стабильная”, “возрастание”. Число случаев насильственной смерти учитывались за три дня отдельно по фазам цикла.

Достоверно значимые различия между сравниваемыми группами отсутствуют, то есть тренд изменения геомагнитной активности не оказывает реального влияния на динамику случаев насильственной смерти. Следует отметить, что среднее число суицидов в полнолуние (2.62 ± 0.08) было несколько выше среднесуточного числа суицидов за весь период.

На втором этапе работы была проведена оценка частоты встречаемости различных 3-х часовых значений геомагнитной активности в день совершения суицида или тяжелой производственной травмы. Эти результаты были сопоставлены со средней встречаемостью данного значения геомагнитной активности за каждый год. Сравнения проводились в различные фазы лунного цикла.

В *полнолуние* в 1999–2001 гг. насильственная смерть чаще совпадала с более высокой геомагнитной активностью (К-индекс 4 и более), чем с низкими его значениями ($P < 0.05$). Однако в 2002–2003 гг. наблюдалась обратная зависимость ($P < 0.05$). О причинах этого явления пока судить трудно. В *новолуние* преобладание суицидов и травм чаще наблюдалось на фоне более высоких значений 3-х часовых К-индексов ($P < 0.05$). В период снижения светимости Луны (50%↓, Луна в ущербе) суициды при высоких значениях К-индекса происходили реже ($P < 0.05$). Такая же тенденция была характерна и для производственного травматизма, но она не была статистически достоверна.

Следовательно, влияние геомагнитной активности на уровень суицидов и производственных травм в различные фазы лунного цикла проявляется по-разному. При максимуме гравитационных возмущений (полнолуние, новолуние) суициды и травмы чаще происходят на фоне повышения К-индекса, а на фоне Луны в ущербе наблюдается обратная зависимость.

Секция II
**ПОВЕДЕНИЕ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ
НА БОЛЬШОЙ ВРЕМЕННОЙ ШКАЛЕ
И ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА**

**Нелинейный анализ глобальных изменений климата
и солнечной активности**

Т.В. Барляева, Д.И. Понявин

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

Кросс-вейвлетный анализ фазовой синхронизации временных рядов, EMD-метод выделения квазипериодичностей, а также некоторые мультифрактальные топологические инварианты применяются к долгопериодным вариациям климатических (в том числе палео-) данным (температура воздуха, NAO, SOI, ENSO и т. д.) и солнечной активности (числа Вольфа) с целью выявления закономерностей в глобальных изменениях климата и возможного нелинейного отклика климатической системы на вариации солнечной активности.

В результате исследования были выявлены периоды, когда солнечный сигнал чётко прослеживается в изменениях климата. Выделены также географические регионы, где наблюдается чувствительность к внешнему воздействию со стороны Солнца на климат.

Кроме того, исследование показало уникальность поведения глобальной климатической системы за последние 70 лет, начиная примерно с 30-х годов XX-го столетия.

Анализ распределения волокон в период 1919–2002 гг.

В.В. Васильева, А.Г. Тлатов

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

Проведен анализ распределения солнечных волокон по данным обсерватории Meudon в период 1919–2002 годов. Для этого были отсканированы синоптические карты солнечной хромосферы и центров активности [1], на которых были выделены и оцифрованы волокна. Данные о каждом волокне содержат информацию о расположении, длину и другие геометрические характеристики. Построены зависимости распределения волокон числа и общей длины от времени, широтные дрейфы. Проведен анализ долготного распределения, асимметрии волокон в северном и южном полушарии и других характеристик. Показано, что набор данных имеет разные системы в периоды до и после 1975 года.

Выполнен анализ зависимости углов наклона волокон к экватору. Угол наклона зависит от фазы цикла активности и имеет максимум в эпоху максимума активности, достигая характерных величин 10–15 градусов. Углы наклона волокон связан с уровнем солнечной активности и тем больше, чем выше уровень текущего цикла. В период минимума активности углы наклона волокон минимальны. В эпоху 1919–1980 года наблюдается связь между средним углом наклона волокон в эпоху минимума цикла и амплитудой последующего цикла активности. В этом случае работает правило, чем меньше угол наклона волокон к меридианной сетке, тем будет больше амплитуда последующего цикла активности.

- [1] Cartes synoptiques de la chromosphere solaire et catalogues des filaments et des centred d'activitie.// Observatoire de Paris section de Meudon 1991–1985.

**Синхронность изменений относительного содержания
радиоуглерода и углекислого газа в атмосфере
за последние 22000 лет: противоречие модельных
оценок и результатов измерений**

Д.М. Волобуев¹, Ю.А. Наговицын¹, Х. Юнгнер²

¹ Пулковская обсерватория, С.-Петербург,
E-mail: dmitry.volobuev@mail.ru

² Helsinki University, Helsinki

Относительная концентрация радиоуглерода (^{14}C) в атмосфере является одним из релевантных индикаторов солнечной активности в прошлом. Из ранних работ по моделированию глобального цикла обращения CO_2 в земных резервуарах известно, что ^{14}C весьма мало (в пределах 5%) зависит от концентрации CO_2 . С другой стороны измерения показывают чрезвычайно высокий уровень ^{14}C 10–40 тыс. лет назад, который трудно описать в рамках существующих моделей. Мы нашли высокую корреляцию ($r=0.98$) изменений ^{14}C и CO_2 за период 0–22 тыс. лет назад и предлагаем простой модельный механизм, который показывает, что уровень CO_2 в атмосфере может служить индикатором дисбаланса источников и стоков в открытой системе океан-атмосфера. При таком механизме зависимость $^{14}\text{C}=f(\text{CO}_2)$ оказывается сильной (близка к 100%). Используя наиболее полные данные об изменении магнитного момента Земли и нашу модель, мы показываем, что за этот период околоземный поток галактических космических лучей изменялся в пределах 20% от его текущего значения.

О прогнозе 24-го цикла временного ряда чисел Вольфа

Е.Б. Данилкина, Е.Б. Куандыков, Н.Г. Макаренко

Институт математики, Алма-Ата, Казахстан
E-mail: chaos@math.kz

Цель работы – получение векторного прогноза среднемесячных чисел Вольфа для цикла № 24. Для построения предсказания используется комбинация методов топологического вложения, нейроинформатики [1] и разложения по эмпирическим модам [2]. Мы сравниваем 3 подхода. Первый основан на гипотезе, о существовании скрытых параметров в нелинейной модели AR -предиктора. Учет этих параметров делается по следующей схеме. Для каждого цикла №№5–24, с помощью искусственной нейронной

сети (ИНС) строится первоначальный прогноз. Отклонения предсказанных значений от реальных, используются для построения корректора. Последним служит независимая ИНС, обученная минимизировать ошибки первоначального предсказания. После этого, корректор применяется для исправления первоначального прогноза цикла № 24.

Второй подход связан с попыткой уменьшить ансамбль прогнозов, который является следствием некорректности задачи аппроксимации предиктора в рамках среднеквадратичного функционала ошибок и конечной обучающей выборки. Мы используем для этого *комитет* ИНС, т.е. набор отдельных нейронных сетей (членов комитета), который включает в себя и общую нейронную сеть, с функционалом ошибки, построенным по принципу максимального правдоподобия. Общая ИНС строит условное вероятностное распределение по результатам предсказаний членов комитета, так что конечное предсказание является их взвешенной суммой.

Третий подход основан на предсказании частичной суммы некоторых компонент являющихся эмпирическими модами временного ряда. Мы использовали 5 (из 8) эмпирических мод разложения ряда чисел Вольфа. Полученный прогноз цикла № 24 практически совпал с предсказанием комитета ИНС.

- [1] Макаренко Н.Г. // Лекции по нейроинформатике. "Нейроинформатика-2003", Москва, 2003, ч.1, с.86.
- [2] Huang N.E. et al // Proc. R. Soc. Lond. A, 1998 v.454, p.903.

Наиболее холодные эпизоды и интенсивность космических лучей в течение последних 10 тысяч лет

В.А. Дергачев

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

Природные процессы, в т.ч. климат Земли, характеризуются внезапными событиями, слабыми трендами и циклами. В настоящее время наиболее надежные экспериментальные данные по изменению климата (обладающие достаточной точностью временной шкалы и хорошим разрешением), полученные из ряда природных архивов на территории Европы, Северной Америки, северной Атлантики, охватывают последний миллион лет. Эти

данные свидетельствуют, что глобальная температура в земной атмосфере, как правило, всегда на несколько градусов холоднее, чем в современную эпоху, что связано с ледниковыми периодами длительностью около 100 тыс.лет, прерывающимися сравнительно короткими межледниковыми периодами длительностью всего около 10 тыс.лет (~10% от ледниково-межледникового цикла). Человечество уже более 10 тыс.лет живет в таком теплом межледниковом периоде, для которого характерны относительно небольшими изменениями температуры на всем этом интервале.

В то же время анализы информации об изменении климата в этот период, основанные на инструментальных, исторических и палеоклиматических данных высокого разрешения, свидетельствуют о проявлении медленных и быстрых процессов в изменении климата. Наиболее важные климатические переменные: температура и атмосферные осадки. Изменение температуры в прошлом получают из изменений соотношения концентраций тяжелого ^{18}O и легкого изотопа ^{16}O кислорода ($\delta^{18}\text{O}$) в исследуемых природных образцах. Однако, как показывают исследования, изменения $\delta^{18}\text{O}$ от образца к образцу в теплых условиях не чувствительны, чтобы выявить и исследовать закономерности небольших изменений температуры, которые, тем не менее, имели место в голоцене.

Из наиболее недавних анализов данных об изменении климата в голоцене получены доказательства долговременных циклов продолжительностью в ~2400 и ~1500 лет. Реконструкция концентрации ^{14}C в атмосфере Земли из годовых колец деревьев проведена на всем временном промежутке голоцена. Из этих данных следует, что малый ледниковый период приходится на период, когда интенсивность космических лучей была высокой, а солнечная активность экстремально низкой. В целом, в изменении концентрации ^{14}C выделены значительные увеличения амплитуды в следующие интервалы времени: 8500–7800, 5400–4700, 2680–2200 и 1100–400 календарных лет тому назад с ~2400-летней периодичностью между этими интервалами. Ключевую роль в объяснении механизмов, влияющих на климат, играет спектральный анализ данных. Спектры мощности данных концентрации космогенного изотопа ^{14}C , отражающего интенсивность космических лучей в прошлом, показывают периодичность в 2400 лет. Спектральный анализ концентрации ^{10}Be в осадках, выпавших из плавающих айсбергов в отложения Атлантического океана, характеризующих ледовую активность в последние 12 тыс.лет, показывает примерно 1500- и 2400-летнюю периодичности. Заметим, что из указанных периодичностей наиболее заметные сдвиги в холодных условиях, прослеженные в ядрах Гренландского льда, расширении горных ледников, понижении уровней озер и т.д., оказываются синхронными и приходятся на максимумы ~2400-летнего цикла изменения концентрации космогенных изотопов. Полученные данные свидетельствуют о вкладе в изменение климата на

шкале голоцена как внешних факторов - космических лучей и солнечной активности, так и внутренних, связанных с осцилляцией системы океан-атмосфера.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты 03-04-48769 и 03-05-65063), ИНТАС (№ 2001-0550 и № 03-51-4445), Программы РАН "Солнечная активность и физические процессы в системе Солнце-Земля".

О возможном влиянии событий СКЛ на временной ход температуры

В.А. Дергачев, Ю.Ю. Картавых

*Физико-Технический институт им. А.Ф.Иоффе РАН,
С.-Петербург, E-mail: v.dergachev@mail.ioffe.ru,
E-mail: jula.jarc@mail.ioffe.ru*

В данной работе анализировалась взаимосвязь между данными средней температуры с 33 метеорологических станциях на территории бывшего СССР и данными наблюдений по потокам частиц на орбите Земли (со спутников GOES-6, 7). На примере 10 периодов 1989 года, в которых наблюдались значительные превышения потоков энергичных частиц, исследовалось возможное влияние событий солнечных космических лучей (СКЛ) на поведение приземной температуры. Для каждого из анализируемых периодов были обнаружены группы станций, в которых наблюдалась корреляция (или антикорреляция) данных наблюдений приземной температуры с потоками энергичных частиц в окрестности орбиты Земли. Эти станции имеют тенденцию группироваться по широтному признаку, условно можно выделить Северо-Западную, Сибирскую и Восточную группы. Области проявления корреляции и антикорреляции чередуются при движении с запада на восток.

Величина отклика в температуре сильнее в зимнее время года, чем в летнее. Для нескольких случаев наблюдается повторение временной структуры события СКЛ во временном ходе температуры. Корреляции величины отклика с мощностью события не прослеживаются.

Работа была поддержана РФФИ, грант 03-04-48769.

Синхронизация индексов пятенной активности в северном и южном полушариях Солнца

Н.В. Золотова, Д.И. Понявин

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

В данной работе рассмотрена синхронизация активности появления солнечных пятен и их асимметрия с помощью двух методов нелинейного анализа: кросс-вейвлет и кросс-рекуррентной техники. Последняя методика, даёт визуальное представление о рекуррентном поведении динамических систем посредством представления двумерных реализаций их фазовых траекторий и выявить степень синхронизации двух процессов.

Были рассмотрены исторические данные по площадям солнечных пятен северного и южного полушарий Солнца. Результаты анализа показали, что солнечная активность является уникальной за последние 70 лет. Было выявлено квази-регулярное поведение синхронизации между рядами данных и квази-регулярный характер асимметрии площадей солнечных пятен. Проведено сравнение результатов анализа синхронизации двумя методами.

The Advent of a Grand Minimum and Climate Effects

D.K. Callebaut¹, V.I. Makarov²

¹*Phys. Dept., CDE, University of Antwerp, B-2610 Antwerp, Belgium,
E-mail: Dirk.Callebaut@ua.ac.be*

²*Pulkovo Astronomical Observatory, 196140, Saint Petersburg, Russia,
E-mail: makarov@gao.spb.ru*

We discuss several indications that a grand minimum will occur at cycle 26–27, that is say, 2030–2040.

1) The lower and upper rest-latitudes between opposite polarity of the large-scale magnetic field migrated with $1^\circ.2$ and they had latitude difference 23° . The Wolf number, $W \approx 40$, corresponds to $\Theta \approx 11^\circ$ and absence of solar activity [2] and [3]. It means that upper rest-latitude corresponds to 34° . The rest-latitude has been at 38° in 1996.

2) The Gnevychyev-Ohl rule was strongly violated by cycles 22–23.

3) Similarly a maximum Wolf number of about 75 ± 10 is predicted for cycle 24.

4) The polar reversal for cycle 23 happened after 7.6 year, while for cycles 20–22 this was 5.7 ± 0.5 year.

5) A theoretical consideration based on the energy and the gradients of the angular velocity. An attempt is made to link this with the exact solution obtained by [1] and the application of it with a bipolar seed field.

It is expected that a grand minimum should involve a gradual temperature decrease of about $1^\circ.0$ on Earth. However, as the pollution is increasing, the decrease will be small. Nevertheless this may be interpreted that the global warming is not real, just a fluctuation. This may lead to a drastic underestimation of the global warming up and thus to a catastrophe by the end of the grand minimum.

This work has been done under partly financial support RFBR, grant 05-02-16299.

- [1] Callebaut D.K. // Solar Phys., 2005, (in press).
- [2] Makarov V.I., Tlatov A.G. and Sivaraman K.R. // Solar Phys., 2001, v.202, p.11.
- [3] Ribes J.C. and Nesme-Ribes E. // Astrophys. Astron., 1993, v. 276, p. 549.

Нелинейные методы тестирования синхронизации двух систем по палеоклиматическим данным.

Л.М. Каримова¹, Н.Г. Макаренко¹, S. Nelama²

*¹Институт математики, Алма-Ата, Казахстан
E-mail: chaos@math.kz*

*²Department of Geology, University of Helsinki, Finland,
E-mail: samuli.nelama@helsinki.fi*

В работе исследовались нелинейные связи между рядами июльской температурой Северной Лапландии с 5510 BP до 1993 AD и изотопа кислорода из льдов Гренландии (GISP 2), которые были получены Вашингтонским университетом. Для обнаружения взаимной связи между динамическими системами, которые продуцируют эти данные, использовались два подхода.

В первом из них применялись методы топологической динамики. Используя алгоритм Такенса, было построено топологическое вложение двух рядов в общее евклидово пространство, подходящей размерности. Степень нелинейной связи оценивалась с помощью кросс-корреляционных сумм [1],

обобщающих корреляционный интеграл на два временных ряда. Для получения устойчивых оценок было сделано улучшение гильдеровской регулярности рядов [2]. В результате, обнаружена значимая нелинейная связь для ежегодных, пятилетних и десятилетних выборок данных.

Второй подход опирался на кросс-вейвлет преобразование двух временных рядов [3], которое является обобщением обычных би-спектров в Фурье-анализе. Мы получили значимую связь в вейвлет спектрах двух рядов на интервале 24–190 лет.

- [1] Grassberger P., Schneider P. // Nonlinearity, 1997, v.10, p.749.
- [2] Karimova L.M., et al. // Nuclear Instrument a Methods in Physics Research Sec.A, 2004, v.534, p.170.
- [3] Grinsted A., et al. // Nonlinear processes in Geophys., 2004, v.11, p.561.

Прогноз развития текущего солнечного цикла в характеристиках солнечной активности и галактических космических лучей

В.И. Кафтан¹, М.Б. Крайнев²

¹Центральный НИИ геодезии, аэросъемки и картографии,
Роскартография, Москва, E-mail: Kaftan@geod.ru

²Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва,
E-mail: krainev@fan.fandns.mipt.ru

Статистическому анализу подвергнуты среднемесячные характеристики солнечной активности (числа Вольфа R_i , индексы радиопотока $F_{10.7}$ и площади солнечных пятен S) и интенсивности галактического космического излучения (скорости счёта счётчика Гейгера в максимуме высотной кривой в стратосфере над станциями Мурманск и Москва, а также разность указанных скоростей счёта). Продолжительность исследуемых временных рядов изменялась в пределах 49–55 лет. Выявление скрытых периодичностей осуществлено методом последовательного анализа доминирующих гармоник [1]. Доминирующими считались гармоники, оценки периодов которых вдвое и более раз превышали оценки соответствующих средних квадратических отклонений. Для характеристик солнечной активности выявлено от 35 до 42, а для галактических космических лучей от 34 до 37 доминирующих гармоник. Получены статистические оценки параметров периодических компонент (гармоник): амплитуд, периодов и фаз. Сравнение спектров солнечной активности и интенсивности ГКЛ,

продемонстрировало степень их близости и существование собственных независимых периодических компонент.

С использованием выявленных периодических и линейных трендовых компонент построены кинематические модели исследуемых процессов. Спрогнозированные среднемесячные характеристики показывают, что завершение текущего цикла наиболее вероятно в течение периода 2007–2009 годов. Минимальный среднемесячный уровень солнечной активности наиболее вероятен в 2008 году. Характеристики радиопотока и чисел Вольфа демонстрируют локальное повышение солнечной активности в течение 2005–2007 гг. Это событие начинает подтверждаться по результатам наблюдения ГКЛ.

- [1] Кафтан В.И. // Временной анализ геопространственных данных: Кинематические модели, Автореферат диссертации на соискание ученой степени д.т.н., Москва, МИИТ, 2003 г., 46 с.

О стабильности “Форбуш-эффекта” в течение последних тысячелетий

Б. Комитов¹, В. Кафтан²

¹ *Институт астрономии БАН, Болгария*

² *ЦНИИ геодезии, аэрофотосъемки и картографии, Роскартография, Россия*

В течение последних десятилетий установлена отрицательная корреляция между уровнем пятнообразовательной активности Солнца и потоком солнечного ветра, так называемый “Форбуш-эффект”. Это обстоятельство служит исходной базой для реконструкции сверхвекового хода пятнообразовательной активности в доинструментальную эпоху на основе анализа временных рядов “космогенных” радиоизотопов.

Однако существуют весьма серьезные основания полагать, что в некоторых эпохах экстремально низкой пятнообразовательной активности, таких как, минимум Маундера (1640–1720 гг.), и, в некоторой степени, минимум Дальтона (1790–1830 гг.) поведение параметров солнечного ветра очень специфичное. В упомянутых эпохах в “гренландском” временном ряде космогенного изотопа Be10 около одиннадцатилетний цикл Швабе-Вольфа характерный для пятнообразовательной активности почти или полностью отсутствует [1].

Проверка устойчивости “Форбуш-эффекта” на протяжении последних ~ 2000 лет является главной целью настоящей работы. Для этого используются различные типы косвенных данных о солнечной активности. Некоторые из них являются хорошими индикаторами поведения солнечного ветра, другие — пятнообразовательной активности, а третьи являются индикаторами смешанного типа.

Основными направлениями настоящей работы являются: 1) Исследование эволюции проявления циклических колебаний в диапазоне 20–250 лет с использованием данных о “космогенном” радиоизотопе $C14$ (анализ древесных колец), ряда Шове, “антарктического” ряда $Be10$, и китайских наблюдений солнечных пятен невооруженным глазом; 2) Исследование эволюции кросс-корреляционных связей между указанными индексами.

На основе анализа выделены временные интервалы в которых связи между исследуемыми индексами достигают экстремальных уровней. Они соответствуют эпохам, в которых “Форбуш-эффект” проявляется наиболее сильно или наиболее слабо.

Полученные результаты обсуждаются также в контексте инструментальных наблюдений Солнца в течение последних ~ 400 лет, а также в связи с современными физическими представлениями о возникновении разных типов колебаний солнечной активности.

Побочным результатом проведенного анализа являются новые данные о вероятности сверхвековых минимумов солнечной активности в первом тысячелетии н.э. Обсуждается вопрос о возможности существования такого минимума в III веке н.э.

- [1] Komitov B. P and Kaftan V. I., 2004, The Sunspot Activity in the Last Two Millenia on the Base of Indirect and Instrumental Indexes. Time Serieses Models and Their Extrapolations for the 21st Century, in Proceedings IAUS 223 'Multi-Wavelength Investigations of the Solar Activity', eds. A. V. Stepanov, E. E. Benevolenskaya & A. G. Kosovichev, Cambridge University Press, pp.115-116

О характере потепления нижней тропосферы в разных регионах Земли

А.П. Крамынин, И.В. Кузменко

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

По данным об изменениях среднемесячных значений температуры воздуха, взятых на сайте <http://www.giss.nasa.gov/data>, были исследованы особенности долговременного потепления нижней тропосферы в различных климатических регионах Земли.

Показано, что нынешнее потепление определяется межвековыми колебаниями продолжительностью не менее 200 лет и внутривековыми продолжительностью 50–60 лет. Межвековые температурные колебания, возможно, связаны с соответствующим солнечным циклом 210 лет.

Установлено, что характер межвекового потепления показатель A имеет годовой ход и зависит от величины среднемесячной температуры B . Вид зависимости $A=f(B)$ и точность ее линейной аппроксимации определяется сдвигом фаз между кривыми, определяющими годовой ход среднемесячной температуры B и годовой ход показателя потепления A .

Сезонный ход фактора потепления не всегда совпадает с сезонным ходом диоксида углерода, что говорит о наличии других причин вызывающих потепление.

Вариации прозрачности атмосферы Земли под действием космических лучей, как возможная причина влияния космических лучей на термодинамические параметры атмосферы и аномалии облачного покрова

И.В. Кудрявцев

*Физико-Технический Институт им. А.Ф. Иоффе РАН,
Санкт-Петербург, E-mail: Igor.Koudriavtsev@mail.ioffe.ru*

Известно, что космические лучи, проникая в атмосферу Земли, могут вызывать изменение её прозрачности, изменения распределения температуры воздуха по высоте и атмосферного давления. Имеются указания и на то, что космические лучи влияют на формирование облачности. В докладе рассматриваются вариации прозрачности атмосферы Земли для видимого и инфракрасного излучения, вызванные проникновением космических лучей в атмосферу Земли, приводящие к изменениям термодинамических

параметров атмосферы и аномалиям облачности. Показано, что ключевую роль для данных изменений играют вариации прозрачности атмосферы для уходящего инфракрасного излучения.

Link Between the Polar and Sunspot Activities of the Sun

***V.I. Makarov¹, V.V. Makarova², D.K. Callebaut³,
K.R. Sivaraman⁴***

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

²*Kislovodsk Solar Station of the Pulkovo Observatory, Kislovodsk,
Russia, E-mail: solar@narzan.com*

³*Phys. Dept., CDE, University of Antwerp, B-2610 Antwerp, Belgium,
E-mail: Dirk.Callebaut@ua.ac.be*

⁴*Indian Institute of Astrophysics, Bangalore, India,
E-mail: sivaraman@yahoo.com*

The high-latitude activity of the Sun can be described by duration of polar cycle, T_{PF} , (1870–2001), [1]; by the number of polar faculae in the white light image of the Sun, $N_{PF}(t)$, (1960–2004), [2]; the area of polar zones, $A_{PZ}(t)$, occupied by magnetic field of one sign in the minimum sunspot activity, (1878–2004), [3]; and by the area of polar bright points in the CaII-K line, $S_K(t)$, (1907–1995), [4]. We show that the global solar cycle rises at the high latitudes and the sunspot activity is continuation of the polar activity. The cycles of polar activity have priority development to the sunspot cycles. Than more short the polar cycle, T_{PF} , than more intensive the following sunspot cycle, $W(t)$. Strong fluctuations in the polar faculae cycle, $N_{PF}(t)$, modulate the sunspot areas of the next cycle, $S_{SP}(t)$, in 5–6 years. The unipolar area of polar zones, $A_{PZ}(t)$, in the minimum sunspot activity correlates with geomagnetic index, aa , and the Wolf numbers, $W(t)$. These data can be used for the forecast of the sunspot activity at different time-scale.

This work has been done under partly financial support RFBR, grants 05-02-16299, 03-02-16091.

- [1] Makarov V.I., Tlatov A.G. and Sivaraman K.R. // Solar Phys., 2003, v.214, p.41.
- [2] Makarov V.I., Makarova V.V. // Solar Phys., 1996, v.163, p.267.
- [3] Makarov V.I., Tlatov A.G., Callebaut D.K. and Obridko V.N. // Solar Phys., 2002, v.206, p.383.
- [4] Makarov V.I., Tlatov A.G., Gupta S.S. and Singh J. // Solar Phys., 2005, (in press).

Various Scenarios of Polar Magnetic Field Reversals during Maunder Minimum

V.I. Makarov¹, A.G. Tlatov², D.K. Callebaut³, K.R. Sivaraman⁴

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

²*Kislovodsk Solar Station of the Pulkovo Observatory, Kislovodsk,
Russia, E-mail: solar@narzan.com*

³*Phys. Dept., CDE, University of Antwerp, B-2610 Antwerp, Belgium,
E-mail: Dirk.Callebaut@ua.ac.be*

⁴*Indian Institute of Astrophysics, Bangalore, India,
E-mail: sivaraman@yahoo.com*

We discuss the possible scenarios of polar magnetic field reversal in the Maunder Minimum using data [1], [2], and the rate of pole ward migration of the magnetic zonal boundaries depending on “the strength of the solar cycle” [3]. The rate of polar drift of the zonal boundaries at the times of low sunspot activity is about $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. If the zonal boundaries were to migrate all the time at this low speed, it would take almost 20 years to reach the pole. Such low pole ward velocities might have been a characteristic of the Maunder Minimum. The second reason concerns “the strength of the solar cycle” that decides the maximum latitude to which the zonal boundaries can reach during the cycle. The polar magnetic field reversal of the Sun requires the maximum activity corresponding to the Wolf number, $W_{\text{max}} = 40 \pm 10$, [4]. We show that both poles of the Sun had the same sign, or the monopole structure of global magnetic field during about 50 years (1650–1700). The third reason connected with a decrease of the high-latitude zonal boundaries of unipolar magnetic field in the minimum sunspot activity. We suggest that the causes of the waxing and waning of the Sun’s activity like in the Maunder Minimum are connected with a pole ward and equator ward migration of the conical

blades where the angular velocity has zero gradient. The deep minima of solar activity may occur when these conical blades reach extreme latitudes [5].

This work has been done under partly financial support RFBR, grants 05-02-16299, 03-02-16091.

- [1] Ribes J.C. and Nesme-Ribes E. // *Astrophys. Astron.*, 1993, v. 276, p. 549.
- [2] Kocharov G. E., Ostryakov V. M., Peristikh A.N., and Vasil'ev V. A. // *Solar Phys.*, 1995, v. 159, p. 381.
- [3] Makarov V.I., Tlatov A.G. and Sivaraman K.R. // *Solar Phys.*, 2001, v.202, p.11.
- [4] Makarov V.I., Tlatov A.G. // *Astrophys. Astr.*, 2000, v.21, p.193.
- [5] Makarov V.I., Tlatov A.G., Callebaut D.K. and Obridko V.N. // *Solar Phys.*, 2002, v.206, p.383.

**Взаимосвязь вариаций солнечной активности
и приземных температур на протяжении двух
последних тысячелетий**

Е.В. Милецкий, В.Г. Иванов

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

В последние годы климатологами [1, 2, 3, 4] получены новые реконструкции приземных температур, характеризующие различные изменения земного климата с высоким временным разрешением.

Проведен сравнительный анализ вариаций с характерными масштабами от нескольких десятков до нескольких сотен лет в этих климатических данных и в рядах, представляющих собой “комбинированные” реконструкции уровня солнечной активности в прошлом [5, 6]. Получены индуктивные модели, позволяющие на этих масштабах с хорошей точностью связать вариации приземных температур и уровня солнечной активности. Результаты проведенного исследования и полученные количественные соотношения позволяют сделать вывод о значимом влиянии солнечной активности на климат Земли на протяжении двух последних тысячелетий.

Работа выполнена при поддержке грантов: INTAS 2001-0550, РФФИ 03-02-17505, 04-02-17560 и 05-07-90107, а также программ Президиума РАН “Солнечная активность и физические процессы в системе “Солнце–Земля”” и ОФН РАН “Плазменные процессы в солнечной системе”.

- [1] Yang B., et al. // Geophys. Res. Lett., 2002, v.29, No. 9, p.1324.
- [2] Hantemirov R.M., Shiyatov, S.G. // Holocene, 2002, v.12, Issue 6, p. 717.
- [3] Mann M.E., Jones P.D. // Geophys. Res. Lett., 2003, v.30, No. 15, p.1820.
- [4] Moberg, A., et al. //Nature, 2005, v.433, No.7026, p. 613.
- [5] Miletsky E.V., Ivanov V.G., Nagovitsyn Yu.A., Jungner H. //Multi-Wavelength Investigations of Solar Activity, IAU Symposium, No. 223. Cambridge University Press, 2004, p.709-710.
- [6] Miletsky E.V., Ivanov V.G., Nagovitsyn Yu.A., Jungner H. //Sol. Phys., 2004, v.224, Issue 1-2, pp. 77.

**Проект создания интерактивной базы данных по
солнечной активности в системе “Пулковского каталога
солнечной деятельности”**

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

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

Разработан проект электронной базы данных, содержащей результаты наблюдений Солнца (групп солнечных пятен, фотосферных факелов, водородных протуберанцев и солнечной короны), выполненных в астрономических обсерваториях бывшего СССР.

В качестве исходного материала базы будут взяты опубликованные данные за 1933–1979 гг. содержащиеся в “Каталогах солнечной деятельности”, издававшихся в Главной (Пулковской) астрономической обсерватории. Кроме того, в базу предполагается включить уникальные неопубликованные материалы наблюдений за 1980–1991 гг., имеющиеся в Пулковской обсерватории. Интерактивный поисковый механизм позволит пользователям извлекать из базы информацию в соответствии с формулируемыми ими запросами.

Электронная база данных с таким временным охватом, разнообразием представленных характеристик солнечной активности и возможностями по поиску информации станет важным отечественным ресурсом, заполняющим пробелы зарубежных аналогов и послужит хорошей основой для многих исследований в области солнечной активности и солнечно-земных связей.

Работа выполнена при поддержке грантов грантов: INTAS 2001-0550 и РФФИ 05-07-90107, а также программ Президиума РАН “Солнечная активность и физические процессы в системе “Солнце–Земля”” и ОФН РАН “Плазменные процессы в солнечной системе”.

Нейросетевая модель солнечного воздействия на климат Земли и прогноз цикла 24

А.В. Мордвинов¹, Н.Г. Макаренко², Х. Юнгнер³

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

² *Институт Математики, Алматы, Казахстан,
E-mail: makarenko@math.kz*

³ *Университет Хельсинки, Финляндия*

Используя аппарат искусственных нейронных сетей (ИНС), проанализирован ряд глобальных аномалий температуры Земли в связи с магнитной активностью Солнца. Обучающая выборка для ИНС состояла из примеров, входом которых служили числа групп пятен и вейвлет-компоненты этого ряда, а выходом — глобальная температура Земли. Таким образом, ИНС обучалась отображению солнечных индексов в климатический. Численные эксперименты показали, что такая ИНС-модель аппроксимирует изменения глобальной температуры Земли за период 1880–1990 гг с приемлемой ошибкой обучения. Обученная ИНС использовалась для реконструкция ряда глобальных аномалий температуры на основе данных о числах групп пятен, начиная с 1610 года. Ход полученных температурных аномалий согласуется с низкочастотной компонентой реконструкций, выполненных на основе косвенных данных по амплитуде долговременных изменений и многим характерным деталям. Сравнение реконструкций подтверждает справедливость как самой эмпирической модели так и исходного предположения о причинно-следственной связи между магнитной активностью Солнца и изменениями климата Земли. Используя ИНС в качестве аппроксиматора нелинейного предиктора, были получены несколько вариантов прогноза солнечной активности в предстоящем цикле 24 и изменения глобальной температуры Земли, вызванные магнитной активностью. На основе полученной модели не удалось аппроксимировать наблюдаемый рост глобальной температуры, начиная с 1990 года. Более того, согласно выполненному прогнозу, тенденция к уменьшению глобальной температуры Земли, связанной с активностью Солнца, продолжится в предстоящем цикле активности. Это обстоятельство подтверждает существенную роль других факторов в динамике климатических изменений. Работа выполнена при поддержке гранта ИНТАС 2001-0550.

Индекс площадей солнечных пятен и описание долговременных вариаций магнитного потока Солнца

Ю.А. Наговицын

*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория Российской
академии наук, E-mail: nag@gao.spb.ru*

Показано, что числа Вольфа W и относительные числа групп пятен GSN представляют собой физически различающиеся индексы солнечной активности, и их сравнение между собой неправомерно. На основе подхода так называемых “первичных” индексов из наблюдательных рядов и предложены ряды среднегодовых площадей солнечных пятен, начиная с 1610 г., и среднемесячных площадей, начиная с 1749.

Работа выполнена при поддержке грантов: INTAS 2001-0550, программы Президиума РАН “Солнечная активность и физические процессы в системе “Солнце–Земля”, РФФИ No 03-02-17505, 04-02-17560 и 05-07-90107в.

К описанию солнечной и геомагнитной активности на большой временной шкале

Ю.А. Наговицын

*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория Российской
академии наук, E-mail: nag@gao.spb.ru*

В работе с помощью двух математических методов, использующих вейвлет-преобразование и подход нелинейной динамики, произведена реконструкция поведения в прошлом aa-индекса геомагнитной активности. Приведены два варианта рядов: для последних 400 лет и на почти тысячелетнем временном интервале. Рассмотрены типичные значения aa-индекса в моменты грандиозных экстремумов солнечной активности. Показано, что столь высокий уровень геомагнитной активности, наблюдаемый последние 50 лет, имел место также в начале XII и конце XIV веков. Предложен удлинённый ряд так называемого A-индекса крупномасштабного магнитного поля Солнца. На 400-летнем интервале подтвержден опережающий характер развития крупномасштабного поля по отношению к полю активных областей. На этом же интервале верифицирован метод прогноза А.И. Оля.

Работа выполнена при поддержке грантов: INTAS 2001-0550, программы Президиума РАН “Солнечная активность и физические процессы в системе “Солнце–Земля”, РФФИ No 03-02-17505, 04-02-17560 и 05-07-90107в.

**Исследование солнечной цикличности на временных
шкалах различной длительности. Результаты
и перспективы.**

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

*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория Российской
академии наук, E-mail: nag@gao.spb.ru*

В работе представлены результаты работ авторской группы, полученные в ходе выполнения проекта, условно названного “История Солнца” и посвященного изучению поведения солнечной активности на длительных шкалах времени.

В зависимости от возможностей применяемого экспериментального материала и подходов к его использованию в проекте обозначены 4 раздела:

1. Продление наблюдательных рядов различных индексов солнечной активности: временной интервал $T \sim 100\text{--}150$ лет.
2. Создание новых временных рядов индексов с начала телескопических наблюдений $T \sim 300\text{--}400$ лет.
3. Временные ряды индексов солнечной и геомагнитной активности на тысячелетней шкале.
4. Сверхтысячелетняя временная шкала: возможности описания солнечной активности.

В рамках проблемы “Space Climate” данный проект призван обеспечить разнообразные исследования длительных тенденций солнечно-земных связей надежным материалом для описания факторов солнечной активности, влияющих на земные процессы. Кроме того, результаты проекта должны иметь и фундаментальный интерес для понимания физического механизма солнечной активности.

Различные составные части проекта были поддержаны грантами INTAS 2000-0752, 2001-0550, программ Президиума РАН “Нестационарные процессы в астрономии” и “Солнечная активность и физические процессы в системе “Солнце–Земля””, программы ОФН РАН “Солнечный ветер”, ФЦНТП “Астрономия”, РФФИ No 03-02-17505, 04-02-17560 и 05-07-90107в и Конкурсного Центра Фундаментального Естествознания Санкт-Петербурга.

Солнечная палеоастрофизика как средство для прогнозирования солнечной активности в будущем.

М.Г. Огурцов

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

Число групп солнечных пятен восстановлено для временного интервала 8505 до н.э. – 1945 н.э. с использованием данных по концентрации радиоуглерода в кольцах деревьев. Полученная реконструкция сопоставлена с числами Вольфа, восстановленными сходным методом в предыдущих работах. Произведён прогноз среднего уровня активности Солнца на ближайшие 40 лет. Показано, что в указанный промежуток времени пятнообразовательная активность Солнца будет заметно слабее чем во второй половине XX века. Произведено сравнение полученного предсказания с прогнозами других авторов.

Change in atmospheric transparency as a possible link connecting century-scale variability in solar activity and climate

M.G. Ogurtsov¹, H. Jungner², M. Lindholm³, M. Eronen²

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

²*The University of Helsinki, Finland*

³*Saima center for environmental science, Finland*

Analysis of the data on global temperature, regional Northern Fennoscandian (NF) temperature, concentration of nitrate in Greenland ice, and atmospheric transparency over the last 140–415 years showed that the century-scale periodicities in these time series have a tendency to go ahead the corresponding Gleissberg cycle in sunspot (Wolf) number. It is shown that this connection might arise if the century-type temperature variability is substantially influenced by the respective variation in atmospheric transparency, which, in turn, is governed by change in ionization of atmosphere. A good correlation between century-type cyclicities in NF temperature and nitrate, established over the last 4–5 centuries, testifies possible presence of temperature-ionization link at least for regional NF climate. Possible contribution of solar flare activity into a century-long ionization periodicity is discussed. Calculation, performed with using zero-dimensional energy-balance climatic model, showed that the long-term change in atmospheric transparency affects the respective temperature

variation considerably. It means that oscillation of the atmosphere's transparency really might play an appreciable role in providing the positive time shift between century-long cycles in temperature and sunspots.

Проявление двухсотлетнего солнечного цикла в климатических изменениях

О.М. Распопов¹, В.А. Дергачев²

¹СПбФ ИЗМИРАН, С.-Петербург, E-mail: oleg@or6074.spb.edu

²Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН,
С.-Петербург, E-mail: v.dergachev@mail.ioffe.ru

Проанализировано проявление двухсотлетнего солнечного цикла (de Vries цикличность) в климатических изменениях на основе анализа радиального прироста долгоживущих (800–1200 лет) деревьев арчи в горах Тянь-Шаня. Выявлены квазидвухсотлетние вариации радиального прироста арчи (*Juniperus turkestanica*), которые хорошо коррелируют (коэффициент корреляции равен 0.77) с аналогичными вариациями солнечной активности (¹⁴C) и 200-летней составляющей вариаций температуры в Северном полушарии за последнее тысячелетие. Полученные результаты свидетельствуют об эффективности воздействия de Vries цикличности на глобальные климатические процессы.

Работа была выполнена при поддержке РФФИ (проекты 03-04-48769 и 03-05-65063), ИНТАС (№ 2001-0550 и № 03-51-4445), Программы РАН “Солнечная активность и физические процессы в системе Солнце-Земля”, а также NorFA Grant “Network for Dendroecological and Dendrochronological Research in Northern Europe”.

**2300–2400-летний солнечный цикл и особенности
атмосферной циркуляции в Северной Европе**

***О.М. Распопов¹, В.А. Дергачев², М.Г. Огурцов²,
Т. Колстрем³***

¹СПбФ ИЗМИРАН, С.-Петербург. E-mail: oleg@or6074.spb.edu

²Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН,
С.-Петербург. E-mail: v.dergachev@mail.ioffe.ru

³Исследовательская станция Мекриярви, Университет Йоенсуу,
Финляндия E-mail: Taneli.Kolstrom@joensuu.fi

Проведен вейвлет и Фурье анализ вариаций летних температур (ΔT) за 7500 лет, реконструированных на основе дендрохронологических данных в Северной Финляндии. Результаты анализа выявили 2300–2400-летние колебания температуры, которые были сопоставлены с долговременными вариациями солнечной активности, полученных в результате аналогичного анализа данных ^{14}C за период голоцена. Кросс-корреляционный анализ кривых ΔT и ^{14}C в полосе периодов 1580–2740 лет выявил их высокую синхронность и подобие, что указывает на воздействие солнечной активности на долговременные климатические процессы. Важной особенностью кривых явилось изменение соотношения фазы ΔT и ^{14}C на противоположное около 3000–2500 лет назад, т.е. на границе суббореального и современного субатлантического климатических интервалов. Эта граница характеризует резкое глобальное изменение климатических условий. Анализ палеоклиматических данных для северо-запада Европы свидетельствует, что на границе суббореального и субатлантического климатических интервалов имело место резкое изменение атмосферной циркуляции. Таким образом, выявленное изменение соотношения фаз 2300–2400-летних вариаций солнечной активности и вариаций летних температур в Северной Финляндии около 3000–2500 лет назад является отражением указанного изменения атмосферной циркуляции в северо-западном регионе Европы.

Работа была выполнена при поддержке РФФИ (проекты 03-04-48769 и 03-05-65063), ИНТАС (№ 2001-0550 и № 03-51-4445), Программы РАН “Солнечная активность и физические процессы в системе Солнце-Земля”, а также NorFA Grant “Network for Dendroecological and Dendrochronological Research in Northern Europe”.

Долговременные вариации вращения солнечной короны

А.Г. Тлатов

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

Определены характерные периоды изменения дифференциального вращения солнечной короны от широты и времени на основе обработки наблюдений интенсивности короны в линии FeXIV 5303Å с 1939 по 2004 год. Выделены волны дрейфа вариаций скорости вращения, имеющие 11-летнюю периодичность. Для выделения крутильных волн использовались скользящие выборки с интервалом от 2 до 5 лет. Вместе с тем наблюдаются более длительные периоды вариаций скорости вращения, выделяемые при больших интервалах усреднения. При увеличении длительности выборки до 8–12 лет выделяется квази 22-летний период вращения. В нечетных циклах низкоширотная корона вращается медленнее, чем четных циклах активности. Дальнейшее увеличение длительности выборки для определения периодов вращения, показывает, что быстрое вращение низкоширотной короны наблюдалось в эпоху 1940–1950 гг. и 1990–2000 гг., а медленное в период 1960–1980 гг., что можно связать с 55-ти летним периодом в вариациях вращения Солнца. Изменения вращения высокоширотной короны находятся в противофазе с вращением приэкваториальной короны. Обсуждаются причины возникновения зон аномального вращения короны и их динамика в глобальном цикле активности.

Индексы фонового магнитного поля Солнца в минимуме активности и следующий 11-летний цикл пятен

А.Г. Тлатов¹, В.И. Макаров²

¹ *Кисловодская станция Пулковской обсерватории, 357700,
Кисловодск, Россия, E-mail: solar@narzan.com*

² *Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория, 196140,
Санкт-Петербург, Россия, E-mail: makarov@gao.spb.ru*

Мы обсуждаем несколько новых индексов фонового магнитного поля в минимуме активности Солнца на основе H-альфа синоптических карт за 1887–2004. Циклы фонового магнитного поля опережают циклы пятен на 5–6 лет и дают возможность прогнозировать высоту следующего 11-летнего цикла [1]. Мы полагаем, что высота следующего 11-летнего цикла пятен 24 будет составлять $W \approx 75 \pm 10$.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проекты 03-02-16091, 05-02-16299.

[1] Макаров В.И., Тлатов А.Г. // Известия ГАО, 2004, v.217, p.107.

Секция III
**КРУПНОМАСШТАБНЫЕ СТРУКТУРЫ
НА СОЛНЦЕ И ФИЗИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ
СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ**

**Два типа дифференциального вращения солнечной
короны**

О.Г. Бадалян

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

Проводится анализ закономерностей вращения короны Солнца на основе данных о яркости зеленой корональной линии Fe XIV 530.3 нм, охватывающих около 6 последних циклов активности. Показано, что общая скорость вращения короны может быть представлена в виде суммы двух мод, быстрой и медленной. Синодический период быстрой моды вблизи экватора примерно равен 27 дням, эта мода слабо дифференциальна и наиболее отчетливо выражена на фазе спада активности. Медленная мода имеет средний синодический период 31 день и заметно проявляется только в высоких широтах на фазе роста активности. Суперпозиция двух мод приводит к изменению характера широтной зависимости скорости дифференциального вращения короны от фазы цикла. На фазе спада активности дифференциальное вращение слабо выражено, вращение короны близко к твердотельному. Более высокая степень дифференциальности проявляется на фазе роста и иногда захватывает фазу максимума. Получены характеристики двух основных типов дифференциального вращения короны, устанавливающихся примерно в серединах фазы спада и фазы роста активности Солнца. Полученные результаты указывают на то, что структура поля скоростей в конвективной зоне также должна меняться с фазой цикла, что может быть проверено методами гелиосейсмологии.

- [1] Badalyan O.G., Sykora J. // Adv. Space Res., 2004 (in press)
- [2] Бадалян О.Г., Обридко В.Н., Сикора Ю. // Астрон. журн., 2005 (в печати).

О двух закономерностях связи яркости зеленой корональной линии и магнитного поля

О.Г. Бадалян, В.Н. Обриджо

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

Продолжено исследование количественной связи между яркостью зеленой корональной линии 530.5 нм Fe XIV и напряженностью магнитного поля в короне, начатое в [1, 2]. Вычислена кросс-корреляция соответствующих синоптических карт за период 1977–2001. Карты распределения яркости зеленой линии построены по данным наблюдений. Карты магнитного поля в короне на $\sim 1.1R_{\odot}$ рассчитаны в потенциальном приближении по данным фотосферных наблюдений. Получено, что коэффициент корреляции, вычисленный отдельно для зоны пятнообразования $\pm 30^{\circ}$ и для зоны выше 40° , имеет циклический ход, причем его изменения в этих зонах происходят в противофазе. Вблизи минимума активности, когда магнитное поле имеет относительно более простую организацию, зависимости между яркостью зеленой линии I и напряженностью магнитного поля B для двух рассматриваемых широтных зон могут быть представлены степенной функцией типа $I \propto B^q$. Для зоны пятнообразования показатель степени q положителен и изменяется от 0.75 до 1.00. Для зоны $40^{\circ} - 70^{\circ}$ этот показатель имеет отрицательный знак и изменяется от -0.6 до -0.8. Проведено также сопоставление карт яркости зеленой линии с картами распределения радиальной B_{rad} и тангенциальной B_{tan} компонент магнитного поля. В зоне $\pm 30^{\circ}$ большое влияние на формирование излучения в зеленой линии оказывает B_{tan} , что может быть связано с существованием невысоких арочных структур. В высокоширотной зоне отрицательный показатель степенной зависимости определяется влиянием B_{rad} , в чем, возможно, проявляется более сильное воздействие крупномасштабных магнитных полей. Полученные результаты следует учитывать при рассмотрении проблем, связанных с нагревом короны.

- [1] Бадалян О.Г., Обриджо В.Н. // Астрон. журн., 2004, т.81, с.746.
- [2] Badalyan O.G., Obridko V.N., Sýkora J. // Proc. IAU Symp. No. 223 “Multi-Wavelength Investigations of Solar Activity”, A.V. Stepanov, E.E. Benevolenkaya and A.G. Kosovichev (eds.), 2004, p. 69.

Роль долгоживущих комплексов активности в солнечном цикле

Е.Е. Беневоленская

Stanford University, Stanford, USA
ГАО РАН, Санкт-Петербург, Россия

Исследование долгоживущих комплексов солнечной активности представляет большой интерес для понимания природы солнечного цикла активности.

Типичные комплексы солнечной активности, видимые на поверхности фотосферы в континууме, как темные образования -солнечные пятна, окружены более яркими хромосферными структурами, факельными площадками. Это — области сильного магнитного поля, интенсивность которого, достигает 2000–5000 Гс и представляют собой биполярные группы, состоящие из ведущей и последующей частей. Порядок полярности в биполярных группах меняется от одного одиннадцатилетнего цикла к другому, следуя закону Хейла. Достаточно часто, можно наблюдать биполярную группу, когда ведущая часть представлена пятнами, а последующая — только факельными площадками. Комплексы активности, также, тесно связаны с корональными структурами, так называемыми корональными петлями, заполненными горячей плазмой, нагретой до 1–3 МК, которые простираются в более высокие слои атмосферы Солнца.

Появление и эволюция комплексов солнечной активности самым тесным образом связаны с физическими процессами, происходящими в конвективной зоне, фотосфере, хромосфере и короне Солнца. На основе современных данных, как наземных обсерваторий, так и космических аппаратов, наши знания об эволюции солнечной активности существенным образом расширились. Благодаря космическим аппаратам SOHO, YОНKОН и CORONAS удалось увидеть солнечную корону на солнечном диске и напрямую сопоставить с фотосферной магнитной активностью.

Эти исследования ещё раз подтвердили, что солнечный цикл это глобальное явление на Солнце и, существенную роль, в нем, играют солнечные магнитные поля и внутреннее вращение Солнца.

В данной работе представлен обзор исследований по данной проблеме.

Закономерности формирования и эволюции фотосферных магнитных полей Солнца различного масштаба

И. А. Биленко

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

Важнейшую роль в цикличности солнечной активности играют солнечные магнитные поля. Многие явления солнечной активности являются результатом динамики магнитных полей Солнца.

На базе ежедневных данных наблюдений фотосферных магнитных полей Солнца на наземной обсерватории Kitt-Peak и космической обсерватории SOHO анализируются изменения фотосферных магнитных полей Солнца на протяжении периодов 1976–2003 годов и 1996–2003 годов соответственно. Рассматривается весь спектр фотосферных магнитных полей от слабых фоновых полей до магнитных полей активных областей, изменения их пространственно-временных и широтно-долготных распределений в ходе циклов солнечной активности. Исследуется динамика фоновых фотосферных магнитных полей, анализируются закономерности возникновения и эволюции униполярных магнитных областей, процессы возникновения и особенности распределения эфемерных активных областей, а также магнитных полей активных областей на различных фазах солнечных циклов. Детально рассматриваются периоды смены знака полярности ведущих пятен активных областей в ходе солнечных циклов и смены знака общего магнитного поля Солнца. Оценивается вклад фотосферных магнитных полей различных пространственно-временных масштабов в процесс смены знака общего магнитного поля Солнца.

Связь яркости зеленой корональной линии, крупномасштабного магнитного поля и площадей пятен в цикле

Н. Г. Блудова, О. Г. Бадалян

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

Проведено взаимное попарное сопоставление яркости зеленой корональной линии, напряженности крупномасштабного магнитного поля, рассчитанного на высоте $1.1 R_{\odot}$, и суммарных площадей солнечных пятен.

Показано, что зависимость излучения зеленой линии от крупномасштабных и локальных магнитных полей меняется с фазой цикла. На фазе роста определяющими являются крупномасштабные магнитные поля, в максимуме более эффективным является вклад локальных полей; на фазе спада наблюдается высокая корреляция яркости зеленой линии как с локальными, так и с крупномасштабными магнитными полями, причем корреляционные кривые практически совпадают.

[1] Bludova N.G. // Astron. Astrophys. Trans., 2005, v.24, p.39.

Поверхностная активность звезд поздних спектральных классов — аналог циклической активности Солнца

Е.А. Бруевич¹, И.Ю. Алексеев²

¹ *Астрономический институт им.П.К.Штернберга, Москва, Россия*

E-mail: bruev_e@mail.ru

² *Крымская астрофизическая обсерватория, Научный, Крым*

E-mail: ilya@crao.crimea.ua

Анализируется активность звезд поздних спектральных классов как изученных в ходе выполнения НК-проекта, так и тех, долгопериодические вариации излучения которых в различных спектральных диапазонах выявлены в последнее время.

Проведена оценка степени запятненности этих звезд. Соответствующие величины сопоставлены с вариациями их хромосферного излучения в линиях H и K CaII, а также с отношением рентгеновской светимости к болометрической.

Обсуждаются различные аспекты наблюдаемой активности звезд, цикличность поверхностной активности которых (аналог долгопериодических вариаций солнечного излучения) проявляется в той или иной степени.

Проблемы равновесия верхних слоев и генерации магнитных полей на Солнце

Ю.В. Вандакуров

*Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, 194021
Санкт-Петербург, Россия*

Мы обсуждаем те чрезвычайно серьезные затруднения, которые обусловлены необходимостью реализации некоторых широтных вариаций теплотока в самых верхних слоях солнечной конвективной зоны с резким радиальным уменьшением плотности среды. По-видимому, единственная возможность удовлетворения равновесия по широте состоит в формировании многожидкостной среды, содержащей группы ионов с разными энергиями. Присутствие подобных ионов на Солнце говорит в пользу высказанной гипотезы, обсуждавшейся в работе автора, опубликованной в ЖТФ, т. 75, в. 6, с. 140, 2005.

Мы обсуждаем также проблему генерации солнечных магнитных полей.

11-летний и 22-летний циклы в гелиодолготном распределении солнечной активности

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

¹СПбФ ИЗМИРАН, С.-Петербург, E-mail: helena@EV13934.spb.edu

²Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН,
С.-Петербург, E-mail: d.baranov@mail.ioffe.ru

Рассмотрены особенности долготного распределения различных параметров солнечной активности: площади солнечных пятен (1917–1995 гг.), источников солнечных протонных событий (1976–2003 гг.) и рентгеновских вспышек (1976–2003 гг.). Все рассмотренные параметры демонстрируют наличие устойчивой, проявляющейся в нескольких солнечных циклах, долготной асимметрии, изменение которой тесно связано с 11-летним и 22-летним солнечными циклами.

Показано, что распределение солнечной активности не только различно, но и противоположно для двух частей 11-летнего солнечного цикла. Для периода подъема и максимума солнечной активности долготное распределение имеет максимум на кэррингтоновской долготе 180 град., для периода спада и минимума — на долготе 0 град. Точки, разделяющие эти две части 11-летнего солнечного цикла, являются чрезвычайно важными критическими точками 22-летнего магнитного цикла Солнца. Точка

между максимумом и спадом солнечной активности совпадает с переплюсовкой общего магнитного поля Солнца. Точка между минимумом и фазой подъема совпадает с началом нового солнечного цикла и сменой полярности солнечных пятен согласно закону Хейла.

Период подъем-максимум (максимум активности на 180 град.) и для четного, и для нечетного солнечных циклов соответствует ветви солнечного цикла, когда полярность общего магнитного поля Солнца и полярность ведущих пятен совпадают (для каждой полусферы). Период спад-минимум (максимум активности на 0 град.) и для четных, и для нечетных, солнечных циклов соответствует части солнечного цикла, когда полярность общего магнитного поля Солнца и полярность ведущих пятен имеют противоположные знаки.

Некоторые физические особенности наиболее сильных возмущений на Солнце и в гелиосфере

И.С. Веселовский, О.С. Яковчук

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

Изучение самых сильных возмущений на Солнце и в гелиосфере представляет большой практический интерес в связи с задачами прогнозирования и оценки состояния космической погоды. Оно сопряжено с известными трудностями: 1) наблюдательная статистика мала; 2) отсутствуют надежные динамические модели. Экстремальные события являются по определению относительно редкими. Тем не менее, можно указать несколько интересных особенностей таких явлений, которые обсуждаются в данном сообщении: 1) разнообразие характеристик и параметров; 2) отсутствие признаков универсальности при наличии сходных проявлений в мощных вспышках и корональных выбросах массы на Солнце; 3) глобальный и множественный характер наиболее сильных возмущений на Солнце и в гелиосфере; 4) связь таких событий с долготной асимметрией Солнца и с более длительными изменениями в недрах Солнца, в том числе, циклическими и спорадическими.

Иерархическая соподчиненность различных пространственно-временных структур и масштабов для очень сильных возмущений остается во многом неясной и требующей дополнительных исследований, как наблюдательных, так и теоретических. В связи с этим невозможно указать достаточно надежные и обоснованные горизонты прогнозирования таких событий.

Кинематическое описание циклов Хейла и Глейссберга как связанных дисков Фарадея

Д.М. Волобуев

*Пулковская обсерватория, С.-Петербург,
E-mail: dmitry.volobuev@mail.ru*

Рассматриваются долговременные вариации солнечной активности на основе реконструкций по косвенным данным. Показано, что основные кинематические особенности циклов Хейла (амплитудно-частотная характеристика) и Глейссберга (дву-частотность, спонтанные гранд-экстремумы) могут быть промоделированы системой обыкновенных дифференциальных уравнений, описывающей электро-механические колебания в системе связанных дисков Фарадея.

Глобально-локальное солнечное динамо — единый механизм?

А.В. Гетлинг¹, Р.Д. Симитев^{2,3}, Ф.Х. Буссе²

¹*Институт ядерной физики Московского государственного
университета им. М.В. Ломоносова, Москва,
E-mail: A.Getling@ru.net*

²*Institute of Physics, University of Bayreuth, D-95440 Bayreuth,
Germany, E-mail: Friedrich.Busse@uni-bayreuth.de*

³*The University of Liverpool, Department of Mathematical Sciences,
Applied Mathematics, Mathematics Building, Peach Street, Liverpool,
L69 7ZL, UK, E-mail: Radostin.Simitev@liverpool.ac.uk*

На материале численного моделирования МГД-конвекции во вращающейся сферической оболочке показана возможность действия механизма динамо, который в глобальном масштабе поддерживает знакопеременное «общее» магнитное поле, а в локальном — систематически вырабатывает новые и новые магнитные структуры (преимущественно биполярные), каждая из которых связана с той или иной конвективной ячейкой. Механизмы динамо такого типа могут быть названы детерминистскими в отличие от тех, которые явно зависят от гипотез о свойствах турбулентности. Поскольку в данном случае конвективные ячейки, находящиеся под воздействием силы Кориолиса, служат элементарными «кирпичиками» рассматриваемого динамо, его также естественно назвать ячейечным.

Результаты моделирования показывают, что локальные структуры, распадаясь, переходят в фоновые поля, которые дрейфуют к полюсам. Смена знака поля в полярных шапках происходит в результате вытеснения «старых» фоновых полей «новыми». Установившееся широтно-радиальное распределение угловой скорости вращения конвективной зоны в общих чертах согласуется с реальной картиной дифференциального вращения Солнца. Исследуется влияние некоторых деталей постановки задачи и некоторых параметров на устанавливающийся режим конвекции и генерации магнитных полей. Обсуждается роль начальных условий.

Работа частично поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (код проекта 04-02-16580).

О потоках солнечных нейтрино в радиохимических экспериментах

Ю.Н. Гнедин, Р.Н. Ихсанов, Е.В. Милецкий

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

Проведен анализ потоков солнечных нейтрино по данным Homestake, GALLEX, GNO, SAGE и Super Kamiokande. Найдено, что ранее принятые средние значения потока нейтрино для эксперимента Homestake несколько занижены, а для Ga-экспериментов — завышены. При этом ряд GALLEX имеет значительный сдвиг нуль-пункта относительно SAGE и GNO.

На основе ревизованных значений скоростей захвата в радиохимических экспериментах, проведена оценка наблюдаемого pp -потока электронных солнечных нейтрино у Земли.

Изучение свойств эффективных магнитных полюсов Солнца по данным EIT (SOHO) за 1999–2003 гг.

С.А. Гусева

*Кисловодская Горная станция Пулковской обсерватории, 357700,
Кисловодск, Россия, E-mail: svdual@yandex.ru*

Обсуждаются результаты обработки изображений Солнца в линиях 171Å и 195Å, полученные телескопом EIT (SOHO) за 1999–2003 гг. Вычислен параметр q — расстояние от центра солнечного диска до точки пересечения касательных к полярным лучам в короне, или эффективный магнитный N и S полюс. Построены графики изменения qN и qS , $(qN + qS)$, $(qN - qS)$. Получены изменения длины “солнечного магнита”, которые сопоставляются с дрейфом широты высокоширотных зональных границ. Используются H-альфа карты для определения высокоширотных границ раздела полярностей в южном и северном полушариях Солнца.

Исследование долгоживущих лучей в короне Солнца по снимкам орбитального телескопа LASCO C2

С.А. Гусева, А.Д. Шрамко

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

В работе проведен анализ ряда снимков короны Солнца в белом свете, по наблюдениям коронографа LASCO C2, орбитальной обсерватории SOHO, за период 1997–2005 гг.

Параметры лучей короны Солнца, на изображениях LASCO C2, оцифрованы с помощью специально написанной компьютерной программы. По результатам оцифровки были построены синоптические карты корональных лучей для высот от 2 до 5 радиусов Солнца.

Был также проведен статистический анализ по наклонам и протяженностям лучей в пространстве.

Трехмерное моделирование корональных лучей Солнца

С.А. Гусева, А.Д. Шрамко

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

Целью данной работы является изучение трехмерной ориентации лучей в короне Солнца. Для этой цели была построена трехмерная модель пространственного распределения корональных лучей, с условием их ортогональности к нижней атмосфере Солнца.

Для построения этой модели была произведена оцифровка координат нейтральной линии вдоль волокон и пятен с шагом 2–3 градуса, по синоптическим картам Солнца Кисловодской ГАС, за период с 1916 по 2024 кэррингтоновские обороты.

Полученные результаты моделирования сравнивались с ежедневными изображениями короны в белом свете, по наблюдениям коронографа LASCO C2, орбитальной обсерватории SOHO, за этот же период времени.

Солнечные вспышки и энергичные частицы в периоды спокойного Солнца

*Е.И. Дайбог¹, М.А. Зельдович¹, В.Н. Ишков²,
Ю.И. Логачев¹*

¹*НИИЯФ МГУ, Москва, E-mail: logachev@srd.sinp.msu.ru*

²*ИЗМИРАН, Троицк, E-mail: vitaly@sel.msk.ru*

В спокойные периоды солнечной активности межпланетное пространство заполнено заряженными частицами солнечного происхождения, энергии которых достигают 10 МэВ/нуклон. На Солнце в это время нет больших вспышек, являющихся источниками частиц в активные периоды, но абсолютно спокойным Солнце не бывает никогда и возможными источниками частиц могут быть как слабые процессы, в том числе и вспышки, на Солнце, так и ускорительные процессы в межпланетном пространстве. Кроме того, частицы небольших энергий (0.1–1.0 МэВ) могут быть частицами энергичного <хвоста> в распределении частиц солнечного ветра. Исследование проводилось по данным спутника Земли IMP-8. С 1974 по 2001 гг. выделено около 100 спокойных периодов, отобранных по следующим критериям: а) поток протонов с энергией ~ 1 МэВ не должен быть больше $5 \cdot 10^{-1}$ протонов/см²/с/ср/МэВ по крайней мере в течение суток.

б) в течение выбранных периодов и за сутки до них на Солнце не должно быть вспышек балла выше F или C5 в мягком рентгене. К сожалению, регулярная регистрация мягкого рентгеновского излучения Солнца началась только в 1982 году, что ограничивает длительность однородного ряда данных. Определение и выбор спокойных периодов могут повлиять на окончательные выводы исследования, поэтому принятые критерии подлежат обсуждению и уточнению. В докладе рассматривается главным образом солнечный источник частиц, исследуется зависимость потока протонов с энергией 1 МэВ от числа малых вспышек, их мощности, длительности, температуры и координат. Основной вывод — слабая активность Солнца в виде небольших вспышек безусловно вносит вклад в потоки частиц при спокойном Солнце, но только вспышками объяснить наблюдаемые потоки не удастся. Определенный вклад приходится на ускорение частиц в межпланетном пространстве и <хвост> солнечного ветра.

Потоки вещества в солнечной короне по наблюдениям в белом свете на SOHO

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

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

Приводится краткий обзор результатов наблюдений потоков солнечной плазмы, видимых в белом свете на коронографах C2 и C3 SOHO. Исследуется область короны на расстояниях $(2-12)R_{\odot}$ от центра диска Солнца. Рассматриваются различные типы пространственных структур потоков плазмы, характеристики движений вещества, направленных как к Солнцу, так и от него, и связь с крупномасштабной структурой магнитного поля. Скорости вещества лежат в пределах от нескольких десятков до нескольких сотен км/с. Обсуждаются возможные причины, приводящие к возникновению нисходящих и восходящих потоков плазмы. Используются данные из научных публикаций и Интернета.

**Турбулентные и направленные движения вещества в
различных структурных образованиях
в нижней короне**

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

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

Рассматриваются движения вещества в спокойной короне, корональных дырах, в пространственных объемах над активными областями на Солнце и связь с характеристиками магнитных полей. Анализируются результаты наблюдений из космоса и с поверхности Земли (по научным публикациям), а также результаты, полученные во время наблюдений нескольких полных солнечных затмений сотрудниками ГАИШ.

**Квазидвухлетние вариации суммарных площадей
пятен в секторах активных долгот**

Е.В. Иванов

*ИЗМИРАН, 142190, Троицк, Московская область,
E-mail: solter@izmiran.ru*

С помощью спектрального и корреляционного анализа исследован временной ход квазидвухлетних вариаций суммарных площадей пятен в секторах гелиодолгот, соответствующих 4-м активным долготам как в северной, так и в южной полусферах, за период 1879–2003 гг.

Исследована связь антиподальных активных долгот и характер их поведения.

Особенности эволюции крупномасштабного магнитного поля Солнца в 15–23 циклах

Р.Н. Иханов, В.Г. Иванов

ГАО РАН, Санкт-Петербург

Исходным материалом для исследования долготно-широтной эволюции крупномасштабного магнитного поля (КМП) Солнца послужили данные наблюдений в Стэнфорде, Китт-Пике и синоптические карты в линии H_{α} , охватывающие в общей сложности 1916–2005 годы. Построены синоптические карты КМП с усреднением по 15 и 17 солнечным оборотам с нуль-пунктом в момент 1982.0 г. Эти интервалы усреднения соответствуют, как ранее нами было установлено, периоду изменения широтной вариации КМП, связанному с его долготным смещением (1.23 ± 0.16 года). По синоптическим картам проведено изучение широтно-долготного поведения изогаусс КМП внутри каждого 11-летнего цикла и сделано сравнение отдельных циклов. В частности, общность отдельных циклов определяется, в большей части случаев, наличием на фазе I ($\pm 2-3$ года от максимума 11-летнего цикла) двухсекторного распределения полярности КМП на низких и средних гелиоширотах. Особенно отчетливо это проявляется в конце фазы I. В остальное время цикла (фаза II) преобладает четырёхсекторное распределение полярности КМП (по долготе). В то же время выявляются различия в КМП как между чётными и нечётными, так и между 22-хлетними циклами.

Солнце в текущем 23 цикле солнечной активности

В.Н. Ишков

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

Основные характеристики текущего цикла солнечной активности возможно спрогнозировать уже после 18–24 месяцев его развития, когда кривая развития цикла определенно попадает в одно из семейств: высоких, средних или низких солнечных циклов. Среднесрочный прогноз солнечных активных явлений (в пределах текущего солнечного цикла) возможен только на основе общих свойств и статистических характеристик семейств солнечных циклов и носит описательный характер.

Некоторые особенности развития текущего 23 цикла солнечной активности и картина развития типичных для данного цикла активных областей могут свидетельствовать о смене режима генерации магнитных полей в конвективной зоне Солнца. В этом случае Солнце вступает в период средних и малых циклов солнечной активности по числу Вольфа, который может продлиться от 50 до 100 лет. В эпоху освоения космического пространства это приведет к еще большему загрязнению ОКП (неблагоприятный режим очистки низких орбит от космического мусора), значительному росту радиационного фона в ОКП (ослабление межпланетных магнитных полей даст увеличение концентрации галактических космических лучей в гелиосфере) и другим, возможно, неблагоприятным последствиям.

Основные этапы развития текущего 23 цикла солнечной активности следующие: Минимум 22 солнечного цикла — май 1996 ($W^* = 8.0$); Начало фазы роста 23 (текущего) цикла солнечной активности — сентябрь 1997 г.; Максимум относительного числа солнечных пятен — апрель 2000 г.; Глобальная переполусовка общего магнитного поля Солнца — июль — декабрь 2000 г.; Вторичный максимум относительного числа солнечных пятен — ноябрь 2001 г. Максимум потока радиоизлучения на волне 10.7 см — февраль 2002 г.; Фаза максимума 23 (текущего) цикла солнечной активности — октябрь 1999 — июнь 2002 г.; Начало фазы спада текущего солнечного цикла — июль 2002 г.; Наиболее мощные вспышечные события текущего цикла — октябрь — ноябрь 2003 г.; Вероятная точка минимума текущего цикла солнечной активности — июль — ноябрь 2006 г.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ 04-02-17007.

Reaction by $E \times B$ drifts in convective zone

D.K. Callebaut¹, G.K. Karugila², V.I. Makarov³

¹*Phys. Dept., CDE, University of Antwerp, B-2610 Antwerp, Belgium,
E-mail: Dirk.Callebaut@ua.ac.be*

²*Dept. of Biometry and Mathematics, FoS, SUA, Morogoro, Tanzania,
E-mail: Karugila@yahoo.com*

³*Pulkovo Astronomical Observatory, 196140, Saint Petersburg, Russia,
E-mail: makarov@gao.spb.ru*

We continue to discuss the $E \times B$ drift which allows plasma to move through the magnetic field lines and may contribute to various motions inside the Sun, at its surface and in the corona. Here we generalize the example given by us in IAU Symposium 223, 2004 [1]. Given an azimuthal angular frequency ω rather arbitrary, and the corresponding exact solution for B , we may obtain

E from a partial differential equation. Even without solving we may draw conclusions concerning the drift velocity. The latter is comparable with the original velocity, however, it has components in all directions. Moreover, they fade away with time. They may cause the variation in solar rotation after a solar maximum and they may contribute to the cell patterns.

This work has been done under partly financial support RFBR, grant 05-02-16299.

- [1] Callebaut D.K., Karugila G.K. and Makarov V.I. // Proc. Multi-Wavelength Investigation of Solar Activity., IAU Symp. 223, 2004, p.89. (Eds.) A.V.Stepanov, E.E.Benevolenskaya, A.G.Kosovichev.

Generation of Sunspots and Polar Faculae from a Kinematic Dynamo

D.K. Callebaut¹, V.I. Makarov²

¹*Phys. Dept., CDE, University of Antwerp, B-2610 Antwerp, Belgium,
E-mail: Dirk.Callebaut@ua.ac.be*

²*Pulkovo Astronomical Observatory, 196140, Saint Petersburg, Russia,
E-mail: makarov@gao.spb.ru*

We discuss several uses of the exact general solution of a simple kinetic dynamo that was obtained under the following conditions [1].

- 1) The velocity is purely azimuthal.
- 2) It is an arbitrary function, however of, r , and θ only and supposed to be known.
- 3) The α -term and the resistance are neglected.

The result is applied to a bipolar seed field. Growths of two orders of magnitude during one cycle do occur and there is a fair correspondence with the sunspot butterfly diagram and the polar faculae diagram. Using a quadrupolar seed field gives poorer results.

This work has been done partly under partly financial support RFBR, grant 05-02-16299.

- [1] Callebaut D.K. // Solar Phys., 2005, (in press).

Lorentz force from generated magnetic field

D.K. Callebaut¹, V.I. Makarov²

¹*Phys. Dept., CDE, University of Antwerp, B-2610 Antwerp, Belgium,
E-mail: Dirk.Callebaut@ua.ac.be*

²*Pulkovo Astronomical Observatory, 196140, Saint Petersburg, Russia,
E-mail: makarov@gao.spb.ru*

It was shown [1] that the kinematic dynamo with only an azimuthal velocity of which the angular velocity $\omega(r, \vartheta)$ (spherical coordinates r, ϑ, φ) depends on r and ϑ only, has the exact solution

$$H_r = (\partial_{\vartheta} U)/r^2 \cos \vartheta, \quad (1)$$

$$H_{\vartheta} = -(\partial_r U)/r \sin \vartheta, \quad (2)$$

$$H_{\varphi} = -t \frac{\partial(\omega, U)}{r \partial(r, \vartheta)}, \quad (3)$$

where $U(r, \vartheta)$ is given by the initial conditions (e.g. a dipole field). The periodic solutions have been left out here. The relevant aspect is that H_{φ} increases linearly with time (as physically understandable), while H_r and H_{ϑ} are independent of time.

From this solution one may construct curl $\mathbf{H}$ and thus the Lorentz force. Its r and ϑ components increase quadratically with time, while the azimuthal component increases linearly with time. The effect on the motions seems quite interesting. This may explain the increase of the angular velocity with the radius in the equatorial region as well as the poleward motion of the large scale unipolar magnetic regions and filament bands. Note that when the flux has emerged from the Sun, this corresponds to reset the time at $t = 0$ allowing a rest in the motions.

[1] Callebaut D.K. // Solar Phys., 2005, (in press).

Солнце среди активных звезд поздних спектральных классов: новые результаты

М.М. Кацова¹, М.А. Лившиц²

¹*Гос.астрономический институт им.П.К.Штернберга, МГУ,
Москва, E-mail: maria@sai.msu.ru*

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

На основе новых данных об активности около 1000 поздних звезд в рентгеновском и оптическом диапазонах построены зависимости доли энергии, которая расходуется на нагрев короны, и индексов хромосферной активности от показателя цвета и периода осевого вращения звезд. Прежде всего проанализированы звезды с хорошо выраженной циклической активностью. Большинство звезд этой группы являются К-карликами с периодами вращения от 20 до 60 дней. Среди них Солнце является более горячей звездой, которое сравнительно быстро вращается, но обладает значительно меньшей относительной площадью пятен. С последним обстоятельством связано то, что доля энергии, расходуемая на излучение Солнца в рентгеновском диапазоне, значительно меньше величины L_X/L_{bol} всех активных звезд, включая звезды с циклами. В то же время хромосферное излучение Солнца лишь несущественно отличается от эмиссии этих слоев других поздних звезд. Для звезд, у которых регулярность цикла нарушается, корреляция изменения полного оптического излучения с кальциевой эмиссией сменяется антикорреляцией. Обсуждаются особенности развития динамо процесса, которые могут привести к таким эффектам в излучении внешней атмосферы звезд. Проведенный анализ позволяет по-новому взглянуть на проблему нагрева корон. Удастся проследить слабый, “основной” (basal) уровень нагрева внешней атмосферы без магнитных полей, нагрев плазмы в петлях локальных и крупномасштабных магнитных полей, а также нестационарный, вспышечный нагрев в явлениях, происходящих в этих полях разных масштабов.

Импульсы корональной активности

Ким Гун-Дер

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

В работе приводятся результаты наблюдений спектральной короны в линиях 5303Å и 6374Å в период 1986–2004 гг. В эпоху максимума активности солнечных пятен 04.1990 – 09.1991 отождествлены импульсы корональной активности. Особенно можно отметить дни 18.04.1990; 21.11.1990; 28.08.1991; 24.09.1991. В работе представлен анализ состояния солнечной атмосферы для этих дней. Приводится сравнение интенсивности короны и активности пятен для 22-го цикла активности.

Структура “белой” короны как трассер поля скоростей электронов

И. С. Ким

*Государственный астрономический институт
им. П.К. Штернберга, Университетский проспект 13, Москва
119992, Россия, E-mail: kim@sai.msu.ru*

Структуры короны в “белом” свете, отражая конфигурацию магнитного поля в верхней атмосфере Солнца, являются единственным проявлением электронов корональной плазмы в оптическом диапазоне спектра. Богатейшие архивы изображений “белой” короны, полученные наземными и космическими методами, дают представления о движениях в картинной плоскости. Реальная картина поля скоростей электронных потоков, хорошо “видимых” в радиодиапазоне, остается недоступной оптическим методам. В данной работе обсуждаются оптические методы “визуализации” электронных потоков в короне в диапазоне расстояний $< 3R_{\text{sun}}$ (радиусов Солнца). По материалам наблюдений полных солнечных затмений 1991 и 1999 гг. показано, что прецизионные поляриметрические и колориметрические измерения излучения структур “белой” короны могут предоставить информацию о тангенциальной и радиальной составляющей скорости электронных потоков. Отмечена перспективность космических наблюдений. Работа поддержана грантом № 05-02-17877 РФФИ.

О магнитном происхождении крутильных колебаний на высоких гелиоширотах

В.Н. Криводубский

*Киевский национальный университет, Астрономическая
обсерватория, Киев, E-mail: krivod1@observ.univ.kiev.ua*

На основании прямых спектральных измерений Говард и Лабонт [1] открыли зональные широтные вариации поверхностной скорости вращения ($\delta\Omega \sim 1.5$ nHz), которые в течение 22 лет мигрируют в меридиональном направлении от полюсов к экватору (так называемые крутильные колебания). Согласно гелиосейсмическим измерениям [2, 3] эти малые временные вариации скорости вращения захватывают весь объем солнечной конвективной зоны (СКЗ). Поверхностные колебания угловой скорости хорошо коррелируют с наблюдаемыми изменениями магнитной активности на низких широтах. Поэтому некоторые исследователи полагают, что крутильные волны порождаются динамо-волной крупномасштабного магнитного поля. Однако существует серьезное возражение против магнитного происхождения крутильных волн: на высоких широтах, где нет пятен, амплитуда колебаний такая же, как и на низких широтах. Для преодоления этого затруднения мы привлекаем глубинный магнитный слой тороидального поля (3000–4000 Гс), который формируется возле дна СКЗ под влиянием двух эффектов магнитной антиплавучести: макроскопического турбулентного диамагнетизма и $\nabla\rho$ -адвекции [4]. Мы полагаем, что осциллирующие магнитные натяжения, связанные с этим глубоко укоренившимся полем, могут возбуждать вариации угловой скорости. Одновременно, вследствие меридионального переноса тороидального поля, вызванного вращательным $\nabla\rho$ -эффектом, вариации $\delta\Omega$ магнитного происхождения должны мигрировать к экватору. Рассчитанное время переноса тороидального поля от широты 70° до широты 10° возле дна СКЗ составляет около 20 лет, что хорошо согласуется со временем миграции крутильных колебаний от полюсов к экваториальным широтам.

- [1] Howard R., LaBonte B.J. // *Astrophys.J.*, 1980, v.239, p.L33.
- [2] Howe R. et al. // *Astrophys.J.*, 2000, v.533, p.L163.
- [3] Vorontsov S.V. et al. // *Science*, 2002, v.296, p.101.
- [4] Krivodubskij V.N. // *Astron. Nachr.*, 2005, v.326, p.61.

Цвет “белой” короны 3 ноября 1994 года

**Н.Л. Крусанова¹, Т.А. Бируля¹, М.Ю. Крюкова¹,
В.В. Попов¹, А.О. Юфеев, В.К. Хондырев**

¹Государственный астрономический институт
им. П.К. Штернберга, Москва, E-mail: krouss@sai.msu.ru

Цвет излучения солнечной короны в континууме (“белой” короны) неоднократно исследовался спектральными и фильтровыми методами по материалам, полученным во время полных солнечных затмений. До наших дней проблема остается нерешенной. Наименее изучены самые внутренние области короны, характеризующиеся обилием арочных и петельных структур. В работе представлено распределение относительного показателя цвета $C (I_{\text{red}}/I_{\text{blue}})$ в картинной плоскости, полученное в результате количественной цветной фотометрии с последующей компьютерной обработкой негативов короны 03.11.1994 г. В диапазоне расстояний 1.2–1.3 R_{sun} (радиусов Солнца) отмечено “посинение”. Рассматривается возможность интерпретации вариаций показателя цвета излучения в континууме в рамках эффекта Доплера: потоки электронов, движущиеся от Солнца (к Солнцу) рассеивают излучение фотосферы, смещая его в красную (синюю) область спектра.

Работа поддержана грантом № 05-02-17877 РФФИ.

The twist and current helicity of the solar magnetic fields: confront the theory and observations

К.М. Kuzanyan¹, V.V. Pipin²

¹IZMIRAN, Troitsk, Moscow region, E-mail: kuzanyan@izmiran.ru

²ISZF, Irkutsk, E-mail: pip@iszf.irk.ru

Here, we present a straightforward comparison of model calculations for the current helicity and magnetic field line twist in the solar convection zone with magnetic field observations at atmospheric levels. It is shown that helical magnetic fields inside convection zone can be produced by the helical convection motions inside SCZ and due to interaction of the small-scale magnetic fields and differential rotation. The model calculations are carried out in a mixing-length approximation for the turbulence with using a profile of the solar internal rotation rate obtained from helioseismic inversions. The magnetic field data obtained at Huairou Solar Observing Station of National Astronomical Observatories of China consist of photospheric vector magnetograms of 422 active regions for which spatially averaged values of the force-free twist

parameter and of the current helicity density are calculated, which are then used to determine latitudinal profiles of these quantities. The comparison of the model calculations with the observations leads to the conclusion that the observed twist and helicity are more likely generated in the bulk of the convection zone, rather than in a layer close to the bottom. This provides further constraints to the solar dynamo mechanism.

Вращение магнитных полей Солнца и циклы активности в XX столетии

У.М. Лейко

*Киевский национальный университет, Астрономическая
обсерватория, Киев E-mail: leiko@observ.univ.kiev.ua*

По нескольким рядам крупномасштабных магнитных полей Солнца (КМПС) исследовались долговременные вариации их вращения.

В качестве исходного материала использованы: почти столетний ряд фонового магнитного поля (ФМП) приэкваториальной зоны, полученный по синоптическим H-альфа картам, станфордский ряд наблюдений среднего магнитного поля Солнца (СМПС) как звезды (1975–2004 гг.), фонового поля, полученного по наблюдениям в Кит Пик (1975–2003 гг.).

В скользящем окне (различной длины) отыскивалось значение наиболее мощного пика и средневзвешенный период как во всей области периодов вращения, так и по отдельным последовательным диапазонам этой области. В дальнейшем изучались изменения этих характеристик со временем.

В результате исследования почти столетнего ряда ФМПС приэкваториальной зоны ± 20 градусов обнаружен линейный тренд, указывающий на возрастание в течение XX ст. его скорости вращения. В тоже время на более высоких широтах скорость вращения крупномасштабного поля в течение XX ст. уменьшалась. Эти результаты подтвердились при изучении более коротких рядов СМПС и ФМПС (за 21–23 циклы).

Известно, что значение чисел Вольфа в течение XX ст. возрастало, а длина циклов активности уменьшалась. При исследовании вращения Солнца и меридионального дрейфа магнитных структур Гопасюк И.С. и Гопасюк О.С. пришли к выводу: чем быстрее вращение звезды, тем короче ее циклы магнитной активности. Полученный нами результат хорошо согласуется с этой концепцией.

Магнитный момент солнечного диполя на различных фазах цикла

И.М. Лившиц, В.Н. Обриджо

Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн РАН, Троицк, E-mail: ilusha@sai.msu.ru

По картам распределения магнитных полей на Солнце вычислены характеристики дипольной составляющей на протяжении нескольких последних циклов активности. Амплитуда и наклон диполя сопоставлены с результатами анализа сигнала поля Солнца как звезды, в частности, с выводами вэйвлет-анализа. Это позволяет объяснить изменение вращательной модуляции напряженности магнитного поля Солнца как звезды на разных фазах солнечного цикла и оценить величину магнитного момента глобального диполя в периоды его переполюсовки.

Структура потоков солнечного ветра в эпоху максимума 23-го солнечного цикла

*Н.А. Лотова¹, К.В. Владимирский², В.Н. Обриджо¹,
Б.П. Филиппов¹, О.А. Корелов³*

¹ *ИЗМИРАН, Троицк, Московская обл.,
E-mail: nlotova@izmiran.troitsk.ru*

² *ФИАН, Москва*

³ *НИРФИ, Нижний Новгород*

Изучаются процессы формирования потоков солнечного ветра в эпоху максимума солнечной активности, 2000–2002 г.г. Используются наблюдения рассеяния радиоизлучения на потоках солнечного ветра на расстояниях 4–60 Rs от Солнца, данные о структуре и напряженности магнитного поля в области источников и наблюдения коронографа LASCO КА SOHO. Анализ этих данных позволил исследовать изменения струйной структуры потоков околосолнечной плазмы в ходе солнечного цикла. Построены радиокарты переходной, трансзвуковой области солнечного ветра, в которых гелиоширотная структура потоков сопоставляется со структурой белой короны Солнца. Показано, что структура белой короны в значительной мере определяет строение переходной области, потоков солнечного ветра. Проведен корреляционный анализ зависимости положения внутренней границы переходной области R_{in} от напряженности магнитного поля в области источников B_r .

Корональные дыры в цикле активности

К.И. Никольская

*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения
радиоволн РАН(ИЗМИРАН), г. Троицк Московской обл.,
E-mail: knikol@izmiran.troitsk.ru*

Изучается природа корональных дыр (КД) на Солнце, путем анализа эволюционных изменений последних в ходе 23-го цикла активности. Использовались наблюдения, взятые из интернета: изображения короны, полученные Yohkoh и EIT/SOHO в диапазоне температур 1.0–2.5МК, карты корональных дыр в линии 1083 нм HeI, магнитограммы обсерватории Китт-Пик и MDI/SOHO — совокупность наблюдательных данных, охватывающая почти целый цикл. Привлекались также результаты исследований КД других авторов, опубликованные в литературе.

Основной результат — вывод о том, что на Солнце существуют только две антиподальные корональные дыры, генетически связанные с полюсами крупномасштабных магнитных полей. В эпоху минимума, когда доминирует вертикальный магнитный диполь, КД локализованы в полярных зонах. С ростом активности ось магнитного диполя отклоняется от оси вращения Солнца и в максимуме цикла принимает горизонтальное положение. Магнитные полюса мигрируют с гелиографических полюсов на гелиоэкватор вместе с корональными дырами, которые в эпоху высокой активности наблюдаются на антиподальных кэррингтоновских долготах как рекуррентные средне- или низкоширотные КД, представляющие собой области спокойной (фоновой) короны, свободные от активных областей [1]. В постмаксимальных фазах цикла ось вращающегося магнитного диполя выходит из плоскости гелиоэкватора и с приближением к очередному минимуму активности принимает вертикальное положение с ориентацией, противоположной первоначальной. Рекуррентные корональные дыры, следуя за магнитным диполем, занимают свое положение на противоположных исходным гелиографических полюсах.

- [1] Никольская К.И. // Труды конференции “Климатические и экологические аспекты солнечной активности”, ГАО РАН, Пулково, Санкт-Петербург, 2003, с.333.

Турбулентная диффузия и спиральность в быстровращающейся сферической оболочке

М.Ю. Решетняк

Институт физики Земли РАН, Москва, E-mail: rm@uire.srcc.msu.ru

Задача тепловой (концентрационной) конвекции в быстровращающемся сферическом слое (число Россби $R_o \ll 1$) встречается во многих астрофизических приложениях: в звездах, планетах. В силу больших масштабов и малой вязкости конвекция в этих объектах турбулентная, и для ее описания требуется использование полуэмпирических моделей турбулентности (см., например, [1]). Поскольку во многих случаях задача конвекции является составной частью более общей задачи динамо, включающей генерацию магнитного поля, от модели турбулентности требуется адекватное описание не только подсеточной диссипации энергии, параметризуемой турбулентной диффузией, но и воспроизведения обратного эффекта, связанного с передачей энергии от меньших масштабов к большим. В рамках моделей динамо такая передача энергии возможна за счет появления гиротропной спиральности [2], описывающей генерацию крупномасштабного магнитного поля турбулентностью. В чисто гидродинамическом случае, обратный каскад кинетической энергии может быть вызван двумеризацией течений за счет быстрого вращения [3].

В докладе рассмотрены модели диффузии и гидродинамической спиральности для малых чисел Россби, приведены результаты крупномасштабных вычислений с включенными турбулентными моделями. Предложенные турбулентные модели разработаны на базе линейного анализа тепловой конвекции на пороге возбуждения при быстром вращении с последующим тестированием в рамках каскадных моделей турбулентности [4]. Рассмотрены механизмы возникновения гиротропной спиральности в несжимаемой жидкости, связанные с анизотропией тепловой конвекции.

- [1] Lesieur M. Turbulence in fluids. London. Kluwer Academic Publishers. 1997. 3rd edition.
- [2] Паркер Е.Н. Космические магнитные поля. М., Мир. 1982. Т. 1, 2.
- [3] Batchelor G.K. The Theory of Homogeneous Turbulence. Cambridge. Cambridge University Press. 1953.
- [4] Решетняк М.Ю. // Докл. РАН. 2005. Т.400. N 1. с.105

**Проблема активных долгот в свете теории
солнечного динамо**

Д.Д. Соколов¹, С. Бердюгина², Д. Мосс³, И. Уоскин⁴

¹*Московский университет физики, Москва,
E-mail: sokoloff@dds.srcc.msu.su*

²*Institut für Astronomie, ETH Zentrum, 8092 Zürich, Switzerland,
E-mail: sveta@astro.phys.ethz.ch*

³*School of Mathematics, University of Manchester, Oxford Road,
Manchester M13 9PL, UK, E-mail: moss@maths.man.ac.uk*

⁴*Sodankylä Geophysical Observatory (Oulu unit), FIN-90014 University
of Oulu, Finland, E-mail: Ilya.Usoskin@oulu.fi*

Мы рассматриваем проблему активных долгот в свете теории динамо, отталкиваясь от недавнего наблюдательного анализа этой проблемы, предпринятого Бердюгиной и Уоскиным, которые обнаружили дифференциальное вращение активных долгот. Мы предлагаем две интерпретации этого наблюдения, а именно как истинное дифференциальное вращение соответствующих магнитных структур и как стробоскопический эффект. В последнем случае твердоотельно вращающаяся магнитная структура визуализируется распространяющейся волной активности, что создает иллюзию дифференциального вращения. Далее мы рассматриваем несколько механизмов, которые в принципе могут приводить к генерации активных долгот. В частности, мы рассматриваем самовозбуждение неосесимметричных магнитных мод, неосесимметричные магнитные структуры как проявления реликтового магнитного поля, неосесимметричной гидродинамики Солнца и нелинейных неустойчивостей, нарушающих осевую симметрию. Мы заключаем, что эти подходы в принципе могут объяснить наблюдаемые активные долготы в рамках стробоскопического эффекта. Разумеется, каждый из конкретных сценариев требует специального численного моделирования. Феномен активных долгот в рамках представления об истинном дифференциальном вращении вызывает гораздо большие трудности для теории, хотя мы и не беремся утверждать, что такое объяснение в принципе невозможно. Мы рассматриваем феномен солнечных активных долгот в контексте имеющейся информации о звездных активных долготах и о свидетельствах по другим трасерам солнечной активности.

Развитие диффузионной модели солнечного цикла: новый взгляд на природу хэйловской пары

А.А. Соловьев, Ю.А. Наговицын

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория

В работе [1] была предложена диффузионно-релаксационная модель солнечного цикла, согласно которой 22-летний магнитный (хэйловский) цикл есть проявление единой диссипативной структуры магнитного поля, сформировавшейся в конвективной зоне и непрерывно диффундирующей наружу, “прорисовывая” на поверхности Солнца всю ту совокупность явлений, которую связывают с циклом солнечной активности. Основное теоретическое предсказание модели состояло в том, что в силу выраженного диссипативного характера указанного процесса магнитная структура должна в течение всего цикла необратимо стареть и разрушаться. Существование “стрелы времени” на масштабах 22 лет будет проявляться в том, что любая характеристика стохастичности процесса, связанная с энтропией магнитной системы, должна обнаруживать монотонный ход изменения в течение цикла.

При обсуждении этой проблемы выяснилось, что еще в 1988 году одним из соавторов данной работы было выполнено исследование [2], которое фактически обнаружило описанный выше эффект, но тогда этот результат остался незамеченным. В [2] рассмотрено изменение тесноты связей между последовательными как “энергетическими”, так и “временными” характеристиками 11-летних циклов в функции фазы 22-летнего цикла, — т.е. была предпринята попытка обобщения правила Гневешева-Оля. Было показано, что в то время как в рамках традиционного Правила для “энергетических” характеристик (площадей под циклической кривой) максимальная корреляция связывает четный с последующим нечетным циклом в паре, “временные” характеристики (продолжительности промежутков между соседними экстремумами) показывают наиболее сильную связь (коэффициент корреляции $k = 0.94$) в пределах нечетного цикла, а затем эта связь монотонно уменьшается до нуля за 22 года. Последнее обстоятельство как раз и может быть истолковано как “стрела времени”: проявление процесса увеличения энтропии во временном профиле хэйловской пары циклов от ее возникновения до разрушения.

В свете вышеизложенного становится ясно, что, во-первых, основная идея диффузионно-релаксационной модели солнечного цикла находит независимое и серьезное подтверждение в свойствах имеющихся наблюдательных рядов, описывающих солнечную цикличность, и что, во-вторых, представление о хэйловской паре циклов должно быть принципиально пересмотрено: магнитный 22-летний цикл начинается нечетным 11-летним циклом, а проявление “энергетического” правила Гневешева-Оля следует свя-

зывать с тем, что после ушедшей в результате диффузии наружу (в верхние слои солнечной атмосферы) хэйловской магнитной структуры остается еще достаточно мощный “хвост” магнитного потока, на который накладываются потоки следующей хэйловской пары. Это перекрытие 22-летних магнитных циклов и создает эффект “энергетической” корреляционной связи между последним циклом уходящей пары и первым циклом новой.

Важно также подчеркнуть, что при новой трактовке структуры хэйловской пары второй (четный) цикл в паре оказывается, как правило, ниже, чем первый, что вполне естественно объясняется диссипативным, диффузионным характером всего процесса развития цикла активности.

- [1] Соловьев А.А., Киричек Е.А. Диффузионная теория солнечного магнитного цикла. Элиста-С.-Петербург, Калмыцкий ГУ-ГАО РАН, 2004. — 181 с.
- [2] Наговицын Ю.А. Правила четности 11-летних циклов и корреляционные свойства 22-летнего цикла солнечной активности // Солнечные данные, 1988, №12, С. 109–112.

Развитие диффузионной модели солнечного цикла: поведение магнитных полей и омега-эффект

А.А. Соловьев, Ю.А. Наговицын, Е.А. Киричек

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория

Развит упрощенный по сравнению с [1] вариант диффузионно-релаксационной модели солнечного цикла. Показано, что если в закон вращения солнечных слоев, полученный из решения чисто диффузионной задачи, ввести, согласно [2], члены $A \cos^2 \theta + B \cos^4 \theta$, где A и B — константы, θ — полярный угол, то благодаря известному омега-эффекту (“наматыванию” тороидального поля из полоидального) решение уравнения индукции для тороидального и меридионального магнитных полей примет вид:

$$B_\phi(r, \theta, t) = f(t)B_\phi^*(r, \theta, t); \quad B_\theta(r, \theta, t) = df(\tilde{t})/d\tilde{t} B_\phi^*(r, \theta, t), \quad (1)$$

где $B_\phi^*(r, \theta, t)$ — решение диффузионной задачи, описывающее всплеск тороидального поля, резко нарастающий вначале и затем плавно убывающий со временем, $f(t)$ — модулирующая функция вида $f(t) = \text{const} + \sin \pi \tilde{t}$, $\tilde{t}$ — время, выраженное в единицах $t_D = r_0^2/D_T$, r_0 — характерный масштаб, D_T — турбулентная вязкость. Диффузионное время t_D равно примерно 11 годам (если принять $r_0 = 200000$ км, $D_T = 1.1 \times 10^{12}$ см²/с), а

период функции $f(t)$ составит, соответственно, $2t_D \approx 22$ года. Как видно из (1), если в хэйловском цикле поведение тороидального поля, ответственного за образование солнечных пятен, определяется одним периодом синусоиды, модулирующей диффузионный всплеск, то изменение полоидального поля в цикле — одним периодом модулирующей косинусоиды того же аргумента $\pi \tilde{t}$.

Наличие в решении (1) диффузионного множителя $B_\phi^*(r, \theta, t)$ отражает необратимый характер всего процесса и обеспечивает на масштабе хэйловского магнитного цикла проявление “стрелы времени”, которая предсказывалась моделью [1], но фактически была выявлена задолго до этого в работе [3].

Найденное таким образом поведение магнитных полей в 22-летнем цикле сравнивается с данными, полученными путем “расщепления” нового продолжительного ряда геомагнитного aa-индекса на две компоненты, связанные с одной стороны — с активными областями, а с другой — с открытыми конфигурациями крупномасштабного поля (корональными дырами). Показано, что поведение этих двух компонент, отождествляемых с тороидальными и полоидальными глобальными конфигурациями общего магнитного поля соответственно, в течение 400 последних лет хорошо соответствует построенной теории.

- [1] Соловьев А.А., Киричек Е.А. Диффузионная теория солнечного магнитного цикла. Элиста – С.-Петербург, Калмыцкий ГУ-ГАО РАН, 2004. - 181с.
- [2] Howard R., Harvey J. Spectroscopic Determination of Solar Rotation // Solar Physics. 1970, V.12, P. 23-51.
- [3] Наговицын Ю.А. Правила четности 11-летних циклов и корреляционные свойства 22-летнего цикла солнечной активности // Солнечные данные, 1988, №12, С. 109-112.

Два типа крупномасштабных магнитных полей на Солнце

Н.Н. Степанян, О.А. Андреева

*НИИ “Крымская астрофизическая обсерватория”, п. Научный,
Крым, Украина, E-mail: olga@crao.crimea.ua*

Настоящая работа посвящена изучению особенностей эволюции магнитных полей разного знака и разных интервалов напряженности в пределах $(-100 \div +100)$ Гс. Она основана на данных измерений магнитных полей магнитографом продольного поля обсерватории Китт Пик за последние 3 солнечных цикла. Этот материал был получен при кооперации NSF/NOAO, NASA/GSFC и NOAA/SEL и любезно предоставлен нам др. Харви. На Солнце в пределах ± 100 Гс выделены 2 группы магнитных полей, отличающихся по своим характеристикам. Магнитные поля первой группы имеют напряженность $0 - \pm 100$ Гс и наиболее четко видны при $\pm(3-10)$ Гс. Эти поля существуют на Солнце все время. Характерным для них является высокая корреляция между полями разного знака в противоположных полусферах, отсутствие 11-летнего и наличие 22-летнего цикла как по суммарным магнитным потокам разного знака, так и по разбалансу магнитного поля всего Солнца. Магнитные поля второй группы начинаются с напряженности порядка $\pm(15-20)$ Гс и наиболее четко видны при напряженности $\pm(75-100)$ Гс. В минимуме активности эти поля отсутствуют. По напряженностям две группы полей перекрываются. Область их перекрытия начинается от ± 15 Гс. Для магнитных полей второй группы корреляция выше для полей разного знака в одной полусфере. С ростом напряженности растет и корреляция между одноименными полями в разных полусферах. Магнитные поля второй группы имеют четко выраженные циклы около 10 лет. Разбаланс потоков от всего Солнца не имеет выраженных циклов для второй группы полей.

Индекс активности по данным ежедневных наблюдений в красном крыле спектральной линии $KIICa$

А.Г. Тлатов¹, А.А. Певцов²

¹*Горная станция ГАО РАН, E-mail: tlatov@mail.ru*

²*National Solar Observatory, USA*

В работе представлены предварительные результаты анализа активности Солнца в красной линии $KIICa + 0.38\text{\AA}$ по ежедневным данным NSO-Sacramento Peak обсерватории в период 1962–2002 годов. Для этих целей

была проведена оцифровка архива данных, представленных на фотоленках с разрешением ~ 1.5 угловой арксекунды. Помимо данных в крыле линии также были оцифрованы данные и в центре линии *KIICa*.

Совместные наблюдения в центре и крыле линии *KIICa* дают возможность выполнить анализ интенсивности элементов хромосферной активности. Так, хромосферная сетка в центре и крыле линии КИСа отличаются контрастом. В красном крыле линии хромосферная сетка подавлена, по сравнению с ее контрастом в центре линии, в то же время контраст флоккулов и эфемерных областей достаточно большой. Это дает возможность оценить интенсивность хромосферной сетки, и более корректно провести анализ числа эфемерных областей и центров активности.

Особое внимание уделено анализу высокоширотных эфемерных областей. Получен индекс полярной активности в красном крыле линии *KIICa* и построены широтные распределения. Показано, что высокоширотные эфемерные области, имеющие вид относительно ярких компактных образований, как правило, находятся в центре хромосферных ячеек. На основе наблюдений обсуждается кинематическая модель образования высокоширотных эфемерных областей.

Изучение свойств магнитного поля корональных дыр и полостей волокон на основе нового Каталога за 1975–2003 гг.

А.Г. Тлатов¹, К.С. Тавастшерн²

¹ Кисловодская станция Пулковской обсерватории, 357700,
Кисловодск, Россия, E-mail: solar@narzan.com

² Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория, 196140,
Санкт-Петербург, Россия, E-mail: tavast@gao.spb.ru

Обсуждаются данные Каталога корональных дыр (КД) и полостей волокон (ПВ), созданного на основе синоптических карт Солнца в линии $\text{HeI } 10830\text{\AA}$ и карт магнитного поля обсерватории Китт Пик за 1975–2003 гг. с применением разработанной компьютерной методики.

Построены широтно-временные диаграммы площадей КД и ПВ в зависимости от величины магнитного поля в диапазоне от $B \pm 0.1$ Гс до $B \pm 6.0$ Гс.

Показано, что для всех напряженностей магнитного поля активность КД начинается на высоких широтах (более 40°) и затем дрейфует к экватору, повторяя глобальный цикл активности, аналогично поведению активности Солнца в линии CaII-K .

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проекты 03-02-16091, 05-02-16299.

Секция IV
**ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В АКТИВНЫХ
ОБЛАСТЯХ НА СОЛНЦЕ**

**Особенности микроволнового всплеска 23.08.1988
по многоазимутальным наблюдениям Солнца
на РАТАН-600**

***В.Е. Абрамов-Максимов¹, В.Н. Боровик¹, А.Н. Коржавин²,
А. Крюгер³***

¹*Главная астрономическая обсерватория РАН, С.-Петербург,
E-mail: beat@gao.spb.ru, borovik@saoran.spb.su*

²*Санкт-Петербургский филиал САО РАН, С.-Петербург,
E-mail: kor@saoran.spb.su*

³*Институт астрофизики, Потсдам, Германия*

Крупная вспышка 23.08.1988 произошла в малозапятненном участке солнечной поверхности и сопровождалась длительным (около 3-х часов) повышенным излучением как в мягком рентгене, так и в микроволновом диапазоне. Класс вспышки по данным GOES был C8, по радиоданным на коротких сантиметровых волнах это был всплеск типа медленный подъем и спад (GRF). Все событие наблюдалось от начала до конца по многоазимутальным наблюдениям Солнца на РАТАН-600 в диапазоне 2–20 см. Некоторые необычные особенности этой вспышки были уже отмечены ранее [1],[2],[3]. Необычным было и сопровождавшее ее радиоизлучение. По данным солнечной радио обсерватории в Тремсдорфе (близ Потсдама) на волнах 15 и 20 см это был редко наблюдаемый радиовсплеск типа мощных флуктуаций почти без подъема фонового континуального излучения и с отсутствием таких флуктуаций на 10-ти см и более коротких волнах. В данной работе мы сопоставляем наблюдения этого события с высоким пространственным разрешением на РАТАН-600 с интегральными наблюдениями на GOES, в Тремсдорфе и других обсерваториях.

- [1] Язев С.А., Зубкова Г.Н., Нефедьев В.П., Лубышев Б.И. // Солн.данные, 1990, N6, с.75.
- [2] Язев С.А. // Солн.данные, 1990, N7, с.77.
- [3] Agalakov B.V., Ledenev V.G., Lubyshev B.I. et al. // Solar Phys., 1997, v.173, p.305.

О возможной природе тонкоструктурированных образований в надфотосферных слоях Солнца

Л.М. Алексеева

*Институт ядерной физики Московского государственного
университета им. М.В. Ломоносова, Москва,
E-mail: A.Getling@ru.net*

В работе рассмотрены ситуации, когда градиент плотности достаточно разреженной плазмы имеет составляющую, перпендикулярную градиенту величины магнитного поля, и оба этих градиента перпендикулярны магнитному полю, вдоль которого все величины постоянны. Показано [1, 2], что при этом эффект Холла может создавать очень тонкие и растянутые вдоль магнитного поля листообразные структуры — неоднородности распределения физических величин — с большим пространственным градиентом в направлении, поперечном к магнитному полю. Малость поперечного пространственного масштаба приводит к тому, что в уравнении динамики магнитного поля, помимо члена, описывающего движение частично вмерзших силовых линий вместе с веществом, оказываются существенными также диссипативный и холловский члены. Поэтому, вообще говоря, холловские структуры могут возникать в тех же слоях Солнца, где процессы более крупного пространственного масштаба контролируются уравнениями обычной (бездиссипативной, бесхолловской) магнитной гидродинамики. Такие тонкие и потому очень прозрачные листообразные структуры могут тем не менее быть видимы, если они наблюдаются с торца, и луч зрения проникает вдоль «листа» на большую глубину. Такое проникновение возможно в некотором диапазоне направлений луча, в зависимости от геометрии структуры. Чем шире этот диапазон, тем более толстой будет выглядеть структура. Поэтому, например, образование, наблюдаемое как светящийся прямолинейный отрезок, на самом деле может оказаться гораздо более тонкой и весьма протяженной структурой.

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (код проекта 04-02-16580).

- [1] Alekseeva L.M. // J. Plasma Phys., 1999, v. 61, p. 671.
- [2] Алексеева Л.М. // Письма в Астрон. ж., 2005 (в печати).

Анализ профилей круговой поляризации Стокса различных спектральных линий в спектре солнечного пятна

А.В. Баранов, Л.Ф. Лазарева

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

Проанализированы профили круговой поляризации (r_v) и интенсивности (r_i) в спектре солнечного пятна (группа 289СД от 3.08.89) 9 магнитоактивных линий, имеющих значительный эффективный фактор Ланде g . Из них одна (Fe 1 630.25 нм) имеет триплетное, остальные — многокомпонентное магнитное расщепление. Анализ спектров в области длин волн 621–634 нм выполнен на сканере со слайд-адаптером.

В области преимущественно поперечного поля использованные линии вблизи их центра показывают искажения r_v -профилей, вне зависимости от того, есть ли у них центральный компонент или нет. Явно выраженную инверсию r_v -профиля, кроме триплета Fe 1 630.25 нм, показывает линия Fe 1 633.68 нм, имеющая структуру расщепления (1), 1.5, 2.5. Линия Fe 1 621.34 нм, имеющая ту же структуру расщепления, показывает только искажения r_v -профиля у ее центра. Выраженную инверсию показывают линия Fe 1 623.26 нм, имеющая $g = 2$, а также линия Cr 1 633.01 нм $g = 22/12$.

На краю полутени, удаленном от центра солнечного диска 5 из 9 линий показывают искажения, заключающиеся в том, что r_v -профили имеют “красный” пик, а коротковолновый пик в пределах ошибок отсутствует. Вероятное объяснение эффекта в том, что в данном участке пятна мы имеем наложение профилей, возникающих в образованиях с разным магнитным полем и разными лучевыми скоростями.

В пятне в 80% случаев “красные” σ -компоненты линий сильнее коротковолновых, за счет чего центры линий, находимые по профилю интенсивности смещены в длинноволновую сторону от центров линий, найденных по профилю круговой поляризации. Причиной такого эффекта может быть наличие больших градиентов лучевой скорости по высоте и разная высота эффективного образования указанных профилей.

Величина вертикального градиента напряженности магнитного поля в изученных точках тени пятна меняется от 1.3 Э/км до –0.3 Э/км (рост с высотой) при среднем по пятну значении 0.4 Э/км, что хорошо согласуется с определениями градиента из уравнения $\text{div}H = 0$ и расчетами в предположении потенциальной модели магнитного поля пятна.

**Динамика вспышечно продуктивной активной области
АО 10696 в ноябре 2004 г. по микроволновым
спектральным наблюдениям**

В.М. Богод, В.С. Котельников

Санкт-Петербургский Филиал САО РАН

Спектрально-поляризационные характеристики вспышечно-продуктивных активных областей ВПАО в микроволновом диапазоне отличаются различными особенностями, указывающие на неоднородную вертикальную структуру атмосферы в широком временном интервале — от предвспышечной стадии, стадии генерации мощных вспышек и пост-эруптивной стадии [1]. В данной работе мы сообщаем о динамике поведения микроволнового излучения активной области АО 10696, присутствовавшей на диске в первой половине ноября 2004 года. В результате вспышечной продуктивности этой АО на Земле произошла мощная магнитная буря с $Dst = -383$ нТ. Весь этот временной интервал определялся активностью одной вспышечно-продуктивной активной области АО 10696, которая произвела 11 вспышек уровня М и 2 вспышки уровня Х в рентгеновском диапазоне. Особенность радиоизлучения этой области состояла в том, что, несмотря на значительную вспышечную активность, она имела стабильные спектрально-поляризационные характеристики в течение всего времени нахождения на диске. Исключение составляет лишь 7 ноября 2004 г., когда в спектре поляризованного излучения АО 10696 происходили резкие изменения в знаке круговой поляризации. Динамика потока поляризованного излучения указывает на рост поляризованного потока на этих частотах до мощной вспышки Х 2.0 происшедшей 7 ноября в 15h 40m UT, и его спад после этого события. Отмечен эффект микроволнового потемнения возникший после этой вспышки. Работа поддерживается грантом РФФИ 05-02-16228

- [1] В.М. Богод, С.Х.Тохчукова, Особенности микроволнового излучения активных областей генерирующих мощные солнечные вспышки, Письма в АЖ, 2003, том. 29, №3, с.305–316.

**Постэруптивные и послевспышечные залимбовые
источники микроволнового излучения по наблюдениям
на РАТАН-600 и БПР**

***В.Н. Боровик¹, В.Е. Абрамов-Максимов¹, В.М. Богод²,
Т.П. Борисевич², И.Ю. Григорьева¹, А.Н. Коржавин²,
В.Г. Медарь¹, Н.Г. Петерова²***

¹ Главная астрономическая обсерватория РАН, С.-Петербург,
E-mail: borovik@МК4099.spb.edu

² Санкт-Петербургский филиал САО РАН, С.-Петербург,
E-mail: kor@saoran.spb.su

Приводятся микроволновые спектрально-поляризационные характеристики залимбовых источников радиоизлучения, отождествленных с постэруптивными аркадами и послевспышечными петлями в событиях: 2 ноября 1992 г. (мощная вспышка X9 за лимбом), корональные выбросы массы (СМЕ) 22 октября 2001 г. и 29 декабря 2001 г., выброс волокна и СМЕ 2 декабря 2003 г. Анализируются спектры и поляризованная по кругу составляющая радиоизлучения источников, зарегистрированных за лимбом после указанных событий, на основе многоволновых наблюдений Солнца на радиотелескопах РАТАН-600 и БПР в широком микроволновом диапазоне волн 1.7–30 см с анализом круговой поляризации.

**Долгопериодические колебания солнечных пятен:
оптика и радио**

Г.Б. Гельфрейх, Ю.А. Наговицын, А.А. Соловьев

ГАО РАН

Исследования периодических процессов в солнечных пятнах с большими периодами (порядка часа и больше) представляет большие методические трудности, особенно в оптическом диапазоне. Последние обусловлены малой амплитудой колебаний и существенно меняющимися на больших интервалах времени условиями наблюдений, включая земную атмосферу. Соответственно, число публикаций с такими данными очень ограничено, а результаты нуждаются в дальнейшей проверке и подтверждении.

В работе приводятся в новой обработке результаты измерений вариаций максимальной напряженности магнитного поля по материалам наблюдений Г.Ф. Вьяльшина в Пулковке (две уникальные серии продолжительностью 9 часов с временным разрешением 10 мин), а также одного из соавторов этой работы на ГАС ГАО и в обсерватории Какауаль АН Кубы.

Обнаружены две ветви колебаний с характерными периодами в пределах 40–100 и 90–200 минут. Выявлена связь периода с амплитудой колебаний.

С другой стороны, анализ больших рядов наблюдений гирорезонансных источников солнечных пятен, генерируемых в основании короны, базирующихся на радиокартах радиогелиографа Нобеяма также показал присутствие нескольких ветвей длительных колебаний в магнитных полях пятен с периодами в диапазоне 40–200 минут (наряду с короткопериодическими). Среди них имеются как колебания как высокой, так и низкой добротности. Некоторые из этих осцилляций, возможно, отражают глобальные колебания Солнца, однако, по нашему мнению, они, в основном, представляют собственные колебания солнечных пятен. Физическая природа всех обсуждаемых проявлений периодических процессов в пятнах нуждается в дальнейшей физической интерпретации, моделировании и анализу наблюдательных данных, особенно с привлечением кооперативных программ исследований в разных диапазонах.

Специально подчеркнем важность наблюдаемого явления квазипериодических колебаний в плане диагностики коронального магнитного поля над пятнами.

Взаимодействие солнечных сильных разрывов с плазменными корональными структурами с постоянным давлением

С.А. Гриб

ГАО РАН, СПб, E-mail: anagri@nevisky.net

В рамках магнитогидродинамической (МГД) модели распада произвольного разрыва рассматривается переход солнечного вращательного бездиссипативного разрыва в диссипативную корональную ударную волну за счёт преломления в переходную между хромосферой и короной область, представляемую в виде контактного МГД разрыва.

Указывается на возможную связь взрывоподобных явлений и динамики спикул с рассматриваемым взаимодействием. Подчеркивается нелинейность зависимости результата преломления от угла столкновения и возможность проявления катастрофической перестройки решения.

Изучается также преломление вспышечной и невспышечной быстрой корональной ударной волны в оболочку внутри магнитной петли с увеличенным значением температуры и с уменьшенной плотностью плазмы в виде медленной МГД ударной волны. Обращается внимание на возникновение реально наблюдаемой в петле преломлённой двойной волны — из-за

наличия двух стационарных границ в корональной петле, представляемых в виде МГД тангенциальных разрывов.

Работа выполнена в рамках программы ОФН РАН № 18.

Нелинейное догонное взаимодействие солнечных возмущений корональной плазмы

С.А. Гриб

ГАО РАН, СПб, E-mail: anagri@nevisky.net

Рассматривается часто наблюдаемое в корональной плазме взаимодействие одной солнечной быстрой ударной волны с другой быстрой ударной волной, возникшей ранее и бегущей перед ней. Обращается внимание на частое возникновение такого взаимодействия в связи с корональным выбросом массы. Как очевидно из магнитогидродинамических (МГД) представлений, эти волны после своего возникновения обязательно будут догонно взаимодействовать в корональной плазме или в плазме солнечного ветра. Время свободного пробега до взаимодействия зависит от интенсивности волн, определяемых эффективным числом Маха-Альфвена, от угла наклона волн к линии Земля-Солнце и от угла наклона межпланетного магнитного поля (ММП).

Показано, что чаще всего в результате рассмотренного взаимодействия будет возникать изменение полного давления и величины ММП, традиционно (по А.Хундхаузену) именуемое событием R.

Указывается также на экспериментально наблюдаемое изменение конфигурации магнитного облака, вызванное преломлением свободной солнечной МГД ударной волны. При этом подчёркивается различие во влиянии на рассматриваемую структуру типа магнитного облака прямых и наклонных догонных взаимодействий солнечных нелинейных ударных волн.

Работа осуществлялась в рамках программы ОФН РАН № 18.

Особенности рентгеновского излучения солнечных вспышек 15 апреля и 29 октября 2002 года

***П.Б. Дмитриев, И.В. Кудрявцев, В.П. Лазутков,
Г.А. Матвеев, М.И. Савченко, Д.В. Скородумов***

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

Рассматриваются результаты анализа мягкого и жесткого рентгеновского излучения солнечных вспышек 15 апреля и 29 октября 2002 года, измеренного спектрометром “ИРИС” на борту станции “КОРОНАС-Ф”. Высокая чувствительность прибора позволяет обнаруживать в фоновом и вспышечном рентгеновском излучении импульсную структуру с характерными временами от нескольких до десятков секунд и исследовать эволюцию энергетического спектра жесткого рентгеновского излучения в системе “фон-вспышка-фон”. Спектрально-временной анализ выявляет квазипериодическую структуру величиной 6–10 секунд, что может быть объяснено “стоячими” МГД волнами, возникающими во вспышечной петле с характерными параметрами плазмы корональной области. Изучена динамика энергетических спектров жесткого рентгеновского излучения с временным разрешением 1с на разных этапах развития вспышек.

Медленные нелинейные и ударные волны в магнитных трубках

Ю.Д. Жугжда

ИЗМИРАН, Москва, E-mail: zhu@izmiran.rssi.ru

В приближении идеальной магнитной гидродинамики развита теория медленных слабонелинейных волн в магнитных трубках. Выведено двухмодовое приближение для нелинейных волн в трубке [5, 6]. Найдены достаточно простые приближенные дисперсионные соотношения, справедливые для всего диапазона длин волн, которые позволили получить ряд новых модельных эволюционных уравнений для объемных и поверхностных медленных волн в магнитных трубках [2, 3, 4, 7, 8, 9]. Показано, что существует два класса точных аналитических решений эволюционных уравнений для слабонелинейных медленных волн. Оказалось, что и объемные, и поверхностные уединенные волны могут представлять собой как бегущие вдоль трубки перетяжки, так и утолщения. Построено модельное уравнение КдВ-Бюргера и его всеволновое обобщение [1, 8]. Показано,

что точные аналитические решения этих уравнений соответствуют ударным волнам и боре с фронтами свободными от осцилляций. Составлен новый численный алгоритм для нелинейных волн в трубке и проведены численные эксперименты для солитоноподобных возмущений [10].

- [1] Zhugzhda Y., Bromm V., Ulmschneider P., A&A, 1995, v.300, p.302.
- [2] Zhugzhda Y., Nakariakov V.M., Solar Phys., 1997, v.175, p.107.
- [3] Zhugzhda Y., Physica Scripta, 2000, v.T84, p.159.
- [4] Zhugzhda Y., M. Goossens M., A&A, 2001, v.377, p.330.
- [5] Zhugzhda Y., Phys. Plasmas, 1996, v.3, p.10.
- [6] Zhugzhda Y., Phys. Plasmas, 2002, v.9, 971.
- [7] Zhugzhda Y., Phys. Plasmas, 2004, v.11, p.2256.
- [8] Жугжда Ю.Д. Физика плазмы, 2005, (в печати).
- [9] Zhugzhda Y., Phys. Plasmas, 2005, v.12, p.034701.
- [10] Stix M., Zhugzhda Y., Schlichenmaier R., 2005, (готовится к печати).

Фрактальная структура магнитного поля солнечных пятен

Б.А. Иошпа, В.Н. Обриджо, Е.А. Руденчик

ИЗМИРАН, Москва, E-mail: ioshp@ttk.ru

Рассматриваются некоторые пространственные характеристики магнитной структуры солнечных пятен. Использовались результаты наблюдений на спектромагнитографе ИЗМИРАН и данные Маршалльского центра космических исследований. Показано, что существуют два семейства самоподобных силовых линий, одно из которых относится к области тени пятна и внутренней полутени, другое — к области внешней полутени и фотосферы. Переход от одного семейства к другому отражает изменение формы магнитных силовых линий от относительно гладкой к изрезанной. Были исследованы также особенности магнитной структуры пятен в рамках фрактальной модели пятна. С шагом в 200 Гс в интервале 2200–200 Гс для различных по напряженности силовых линий строились зависимости (в логарифмическом масштабе) между длинами силовых линий и площадями, ими ограниченными. Определялись угловые коэффициенты таких зависимостей, линейно аппроксимированных. Эти коэффициенты представляют собой так называемые фрактальные числа Хаусдорфа. Показано,

что фрактальные числа растут с ростом магнитной напряженности. Наибольшее значение, близкое к 1.5, соответствует значениям продольного магнитного поля в интервале 1200–1400 Гс, т.е. области перехода от тени к полутени. Второй, меньший, максимум соответствует границе полутень-фотосфера. Подобная процедура проведена также для поперечной составляющей магнитного поля. Полученные результаты свидетельствуют, возможно, о наличии токовой системы в области перехода от тени к полутени или об изменении токовых систем, связанных с этими областями.

The kinematics of chromospheric flares and the gravity-sound triggering mechanism of sympatetic flares in the active regions

V. V. Kasinsky

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

1. The problem of flare kinematics in the active regions is investigated. The method of calculation the inherent position λ_s, ϕ_s of flares in the coordinate system at the sunspot group (SG) centre is elaborated based on the daily flare activity tables (SGD). For several SG (7), 831 flares, with number of flares $n \geq 100$ the kinematic elements are calculated. They includes: the displacements Δr_i , the velocities $\Delta r_i/\Delta t$ and accelerations $\Delta V/\Delta t$. The corresponding means of element are derived.

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

3. The correlation analysis of sympatetic flares gives the triggering disturbance between sunspots of order $V_g \sim 1$ km/s. This corresponds to the group velocities of gravitational waves in the chromosphere. Thus the model of gravity-sound wave triggering of chromospheric flares inside and outside the sunspot groups may be justified in flare's kinematics.

**Variations of the energy spectra of solar X-ray flares —
interconnection with the chromospheric and magnetic
activity of the Sun (1972–2001)**

V.V. Kasinsky

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

1. The problem of flare energy distribution of the Sun are strongly related to the power law energy spectra (ES) of flares on the UV Ceti-type stars. The limit of energy on the UV Ceti stars peaks at about 10^{36} erg. In the preliminary study (1972–1993) the X-ray flare of Sun ES was represented by a unique power law of $N \sim E^{-b}$ with index $b = 0.76$ (37 000 flares) [1]. Later it was shown, that the exponent index b varies with the 11-year cycle phase, that is with Wolf number W . The correlation coefficient between W and b -index is $0.6 - 0.8$. The purpose of this paper is to investigate the temporal variations in the power-law ES of soft X-ray flares over the three solar cycles period (1972–2001). 56 000 flares totals.

2. The power-law ES approximation gives the linear dependance of the form $\log E = 30.9 - 1.35 \log N$ over three cycle period, where N is accumulated number of flares with energy $E > E_m$. The limiting energy of one flare for 30 years is estimated as $\log E_m = 32.5$ (1989). Besides b -index the other parameters of ES as the limiting energy E_m , microflare's parameter $\log N_{25}$ and their products $I = \log E_m \cdot \log N_{25}$ (the logarithmic integral) are well correlated ($0.90 - 0.60$) with the Wolf number W . Thus the 11-year pulsations of ES are observed.

3. All the parameters, the exponent b , the limiting energy $\log E_m$ and total integral $I(E_m, N_{25})$ as well as number of flares (N) are correlated with W -number, chromospheric $MgII$ -index, radio-flux $F10.7$ -index and other solar indices. The 11-year variations of the ES parameters with Wolf number are discussed as a fundamental feature for revealing the similar magnetic activity on the red dwarf *UV-Cet* stars.

- [1] Kasinsky V.V., Sotnikova R.T. // Astron. and Astrophysical Transactions., 1997, v.12, p. 313–314.

Сигмоидальная магнитная аркада: структура и энергетика

Е.А. Киричек, А.А. Соловьев

*Главная (Пулковская) Астрономическая Обсерватория РАН,
E-mail: solov@gao.spb.ru*

Построено новое точное аналитическое решение, описывающее токовую S-образную (сигмоидальную) магнитную аркаду. Показано, что свободная магнитная энергия бессилового поля с постоянным бессиловым параметром может существенно превышать энергию потенциальной магнитной арки, также имеющей S-образную форму. Физические свойства конфигурации допускают быстрое освобождение этой энергии при топологической перестройке поля, вызванной либо достижением электрическим током в некоторой области магнитной системы критических значений его плотности, либо потерей равновесия: при определенном изменении свободных параметров задачи система переходит от закрытой магнитной конфигурации к открытой.

Топологическая релаксация бессилового магнитного аркады к состояниям с меньшим значением бессилового параметра (в пределе — к потенциальному состоянию) с сохранением магнитного потока системы может рассматриваться как один из вероятных сценариев развития вспышечного процесса.

Ковариантная формулировка магнитогидростатической задачи: модель кольцевого волокна на Солнце

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

¹*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория*

²*Калмыцкий государственный университет*

Рассматривается задача о равновесных состояниях идеальной плазмы в заданном внешнем поле (поле сил тяжести). Получены в ковариантной форме явные выражения параметров (напряжённости магнитного поля, плотности и давления газа) произвольной магнитоплазменной конфигурации в заданном внешнем потенциальном поле, допускающей какую-либо однопараметрическую группу движений трехмерного евклидова пространства.

Все работы по равновесным состояниям идеальной плазмы разбиваются на два класса. 1. Обычно система уравнений магнитостатики, в отсутствие внешнего потенциального поля, сводится к нелинейному дифференциальному уравнению 2-го порядка в частных производных для магнитного потенциала (уравнение Града-Шафранова), для которого известен весьма широкий класс частных решений.

2. Основное ограничение второго традиционного подхода (Цыганос) к формулировке магнитогазостатической задачи при заданном внешнем потенциальном поле состоит в том, что плотность плазмы считается функцией только магнитного потенциала (фактически, это соответствует приближению несжимаемой плазмы). Уравнение на магнитный потенциал и в этом случае является нелинейным дифференциальным уравнением 2-го порядка в частных производных.

В обоих случаях постановка задачи и результаты имеют нековариантный вид, так что параметры и основное уравнение задачи представляются раздельно для трансляционно инвариантных состояний в декартовых переменных и для аксиальносимметричных состояний в цилиндрических координатах.

Ковариантная формулировка задачи позволяет снять указанные ограничения.

В качестве примера приложения нового подхода к магнитогазостатической задаче рассмотрена модель кольцевого магнитного волокна, расположенного в горизонтальной плоскости — такие магнитоплазменные конфигурации достаточно часто наблюдаются в солнечной атмосфере.

Сопоставление рентгеновских и радионаблюдений как метод оценки соотношения между горячей и холодной материей в короне над активными областями на Солнце

А.Н. Коржавин¹, Т.П. Борисевич², Н.Г. Петерова¹,

¹*СПбФ САО РАН, Санкт-Петербург, E-mail: peterova@fsaoran.spb.su*

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

Продолжено исследование корональной плазмы над вспышечно опасными активными областями (АО). Оно показало, что расхождения между оценками физических параметров активной плазмы, обычно встречающиеся при сопоставлении наблюдений в радио диапазоне и мягком рентгене, можно сгладить, если ввести предположение о неоднородности короны. Предложен метод оценки соотношения между горячей и холодной материей в короне над АО, в нашем докладе на примере АО NOAA 9591 и

NOAA 0486. Обе АО дали серию мощных вспышек, сопровождавшихся гамма и жестким X-излучением. В исследовании использованы сведения о спектре соответствующих всплесков, взятые по данным The U.S. Dept. of Commerce, NOAA, Space Environment Center, а также рентгеновские данные по наблюдениям космического аппарата GOES. Определены яркостная температура и мера эмиссии на момент максимума всплесков и в периоды между всплесками. Оценки для квазиспокойного состояния АО сделаны с использованием наблюдений на Большом пулковском радиотелескопе (БПР) в диапазоне 2.7–20 см, наивысшая E-W разрешающая способность которого составляет ~ 1 угл. мин.

Совместить данные, полученные в рентгеновском и радиодиапазоне на момент максимума всплеска, а также межвспышечные периоды, удастся в предположении о сосуществовании горячего (~ 7 МК) и холодного ($\sim 2 - 3$ МК) вещества в короне над АО. Из сопоставления мер эмиссии, доля горячей материи составляет меньше 50%, тем не менее плотность этого вещества для мощной АО в ~ 6 раз превышает плотность фоновой холодной плазмы. Подчеркиваются преимущества наблюдений в радиодиапазоне, которые дают новые, по сравнению с рентгеновскими, сведения о физических условиях в активной короне Солнца.

Солнечные вспышки января 2005 года по данным ИСЗ КОРОНАС-Ф.

*С.Н. Кузнецов¹, И.Н. Мягкова¹, В.Г. Курт¹,
Е.А. Муравьева¹, К. Кудела²*

¹ *НИИЯФ МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия,
E-mail: irina@srd.sinp.msu.ru*

² *Институт экспериментальной физики, Кошице, Словакия,
E-mail: kkudela@upjs.sk*

Несмотря на тот факт, что 2005 год достаточно далек от максимума солнечной активности текущего цикла, Четыре вспышки класса X (по классификации GOES) произошло за время прохождения активной области NOAA 0720 по диску Солнца в январе 2005 года (15, 17, 19 и 20 января). Эти вспышки стали источником мощных возрастаний солнечных космических лучей в околоземном космическом пространстве.

Данные солнечные события были зарегистрированы приборами СОНГ и МКЛ на ИСЗ КОРОНАС-Ф, запущенном 30 июля 2001 года на круговую полярную орбиту (в 2005 году высота составляла примерно 370–400 км, наклонение 82.5 градуса). В исследуемый период прибором МКЛ регистрировались потоки электронов с энергией от 0.3 до 12 МэВ и протонов

с энергией от 1 до 90 МэВ. Прибор СОНГ измерял потоки рентгеновского излучения и гамма-квантов с энергией от 0.03 до 200 МэВ, протонов >75 и 200–300 МэВ.

Во вспышке 20.01.05 максимальная энергия гамма-квантов, зарегистрированная прибором СОНГ, превысила 100 МэВ. Полученные спектры гамма-излучения несомненно свидетельствуют о наличии гамма-излучения, образовавшегося в результате распада пи-ноль-мезонов. В работе приведен временной ход потоков солнечных протонов и электронов за весь рассматриваемый период, и выполнено сравнение спектров СКЛ для указанных четырех вспышек.

**Мощная вспышка класса 3В/М7.1 23 сентября
1998 года и инжекция плазмы в расширяющуюся
магнитную аркаду**

Е.С. Кулагин¹, П.Г. Папушев², С.А. Чупраков²

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

² Институт солнечно-земной физики СО РАН, papushev@iszf.irk.ru,
E-mail: chupr@iszf.irk.ru

Мы провели дополнительное исследование вспышки класса 3В/М7.1, которая произошла вблизи центра солнечного диска 23 сентября 1998 в активной области NOAA 8340 с доминирующим большим пятном. В этом исследовании для обработки фильтрограмм, полученных перед вспышкой, были использованы компьютерные программы для двумерной спектроскопии.

Большая серия изображений вспышки в ядре линии HeI 10830Å была получена в Пулковской обсерватории с помощью узкополосного перестраиваемого фильтра с полушириной полосы пропускания 0.24Å. К сожалению, наблюдения в линии гелия начались через 13 минут после начала вспышки, и не было сканирования по контуру этой линии во время вспышки. Но, нам посчастливилось получить большую серию фильтрограмм этой активной области за 46 минут до начала вспышки при сканировании по контуру фотосферной линии SiII 10827Å с анализатором круговой поляризации. Используя компьютерные программы, из них получены небольшие карты фотосферных лучевых скоростей и продольных магнитных полей в этой активной области перед вспышкой.

Для сравнения изображений вспышки в различных температурных интервалах, фильтрограммы в линии HeI 10830Å были сопоставлены с изображениями вспышки в линиях CIV 1550Å и FeXII 195Å с космической

обсерватории “Trase”. Все арки, видимые в линии гелия, хорошо представляются единой аркадой. Эти арки в импульсной фазе вспышки практически невидимы в линии CIV 1550Å. Это свидетельствует о низкой температуре арок в этой фазе вспышки. Общее основание арок располагалось в юго-восточной части границы “тень-полутень” основного ядра большого пятна. Здесь, в линии SiI 10827Å, перед вспышкой было необычно слабое, а с учетом низкого пространственного разрешения полученной карты, вероятно инверсное фотосферное продольное магнитное поле по сравнению с окружающими частями пятна. Все арки, имеющие общее основание в пятне, переходили через нейтральную линию фотосферного магнитного поля, где и наблюдалась основная эмиссионная зона вспышки, удаляющаяся от пятна.

Были изучены карты фотосферного продольного магнитного поля за несколько дней до и после вспышки, полученные на обсерватории Китт Пик в линии FeI 8688Å. Показано, что в день вспышки (возможно, во время вспышки) происходило значительное усиление напряженности поля большого пятна.

Целый ряд наблюдательных данных заставляет нас сделать предположение, что вспышка была тесно связана с инъекцией плазмы в расширяющуюся магнитную аркаду большого пятна. Мы считаем, что инъекция происходила в результате всплытия нового магнитного потока из участков фотосферы в большом пятне (один из них основной) со слабым, вполне вероятно, инверсным магнитным полем по отношению к основной части пятна.

Механизм солнечных вспышек и нагрева короны

А.И. Лептухов

ИЗМИРАН, Троицк Московской обл., E-mail: laptuhov@izmiran.rssi.ru

Рассмотрен процесс всплытия магнитного облака из под фотосферы Солнца, на основе которого с единых позиций предложены механизм солнечных вспышек и механизм нагрева короны. Показано, что образующийся в процессе развития вспышки токовый слой и ускорение частиц в нём до высоких энергий является не причиной, а следствием вспышки. Причиной же вспышки является всплытие в атмосфере Солнца магнитного облака больших размеров с обязательно финитными магнитными силовыми линиями, находящимися в конечном объёме. Нагрев короны происходит в результате всплытия большого числа подобных магнитных облаков малых (ненаблюдаемых) размеров, быстрому (благодаря развитию тепловой

неустойчивости) их нагреву в хромосфере и нижней короне волнами конвективного шума до высоких температур (1-10 МК) и последующего их выталкивания в корону силой Архимеда.

**Восход группы 10846: наблюдения жесткого излучения
вспышек на околомарсианской станции “ОДИССЕЙ”
и “КОРОНАС-Ф”**

***М.А. Лившиц¹, В.А. Чернетский¹, А.В. Богомолов²,
С.И. Свертилов², Ю.И. Логачев²***

¹*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения
радиоволн РАН, Троицк, E-mail: maliv@mail.ru*

²*Научно-исследовательский институт ядерной физики
им. Д.В. Скобельцина, Москва, E-mail: aabboogg@nt.ru*

Детально анализируется восход группы 10486, которая в конце октября 2003 г. характеризовалась высокой вспышечной активностью. Жесткое излучение Солнца наблюдалось с околомарсианской орбиты раньше, чем с околоземных орбит. Так прибором HEND, разработанным в ИКИ РАН, фотоны с энергией выше 80 кэВ регистрировались от большой вспышки 21 октября около 18:45 UT, 22 октября около 3:30 UT (время всюду пересчитано к земному). Жесткие всплески от этих вспышек не наблюдались с околоземных орбит и с Земли (в сантиметровом диапазоне). Последующие вспышки были уже доступны для наблюдений КА “КОРОНАС-Ф”. В докладе приводятся результаты одновременных наблюдений приборами HEND КА “ОДИССЕЙ” и СПР-Н КА “КОРОНАС-Ф” вспышек 22 октября, около 19:50 и 24 октября, около 2:50. Рентгеновские данные HEND хорошо согласуются с регистрациями СПР-Н, относящимися к диапазонам 15–40 и 40–100 кэВ. Кроме того, обсуждаются данные о рентгеновском и гамма излучении большой вспышки 23 октября 2003 г., которая была зарегистрирована полностью только на КА “ОДИССЕЙ”. Стереоскопические наблюдения М-вспышек близ лимба показывают, что подавляющая часть излучения с энергией более 80 кэВ возникает на высотах, не превосходящих 7–10 тыс. км. Приведенные данные свидетельствуют в пользу того, что, начиная уже с 21 октября 2003 г., активность в далеко удаленных группах 10484 и 10486 (затем и в группе 10488) развивались аналогично тому, как это происходит в одном компактном комплексе активности. Это способствовало появлению мощного всплеска развития нестационарных процессов в конце октября 2003 г.

Стереоскопические наблюдения солнечных вспышек на станциях “2001 Марс Одиссей” и “КОРОНАС-Ф”

*М.А. Лившиц¹, В.А. Чернетский¹, А.В. Богомолов²,
С.Н. Кузнецов², Ю.И. Логачев², И.Н. Мягкова²,
С.И. Свертилов², Б.Ю. Юшков²*

¹ИЗМИРАН, г. Троицк Московской обл., E-mail: maliv@mail.ru

²НИИ ядерной физики МГУ, г. Москва, E-mail: aabboogg@nm.ru

В работе обсуждаются результаты наблюдений жесткого излучения Солнца, зарегистрированного на двух космических аппаратах — “2001 Марс Одиссей” и “КОРОНАС-Ф”, находившихся около Марса и около Земли, соответственно. Прибором HEND, разработанным в ИКИ РАН, регистрировались фотоны от 80 кэВ до 2 МэВ, а приборами НИИЯФ МГУ СПР и СОНГ детектировалось излучение от 15 кэВ до 100 МэВ. Детально анализируется восход группы 10486 в конце октября 2003 г., который наблюдался с околомарсианской орбиты раньше, чем с поверхности Земли. В этом случае при наблюдениях с различием направлений 24 градуса опережение регистрации жесткого излучения вспышек оказалось близко к 24 часам. Стереоскопические наблюдения М вспышек близ лимба показывают, что подавляющая часть излучения с энергией более 80 кэВ возникает на высотах, не превосходящих 7–10 тыс.км. Приводятся также результаты наблюдений на двух космических аппаратах мощной вспышки 25 августа 2001 года, существенно дополняющие один другой. Обсуждаются процессы, приводящие к возникновению высокоэнергичного излучения солнечных вспышек.

Анализ баз данных и перспективы визуальных измерений напряженностей магнитных полей солнечных пятен

Н.И. Лозицкая

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

В 2002 г. на конференции “Солнечная активность и параметры ее прогноза” (КрАО, Научный, 3–8 июня 2002) нами был предложен новый гелиомагнитный индекс B_{sp} , представляющий собой среднегодовую напряженность магнитного поля в солнечных пятнах диаметра от 30 до 60 сек. дуги [1]. В том же году, на конференции “Солнечная активность и

космические лучи после смены знака полярного магнитного поля Солнца” (ГАО РАН, Пулковое, 17–22 июня 2002 г.) Милецким Е.В., Наговицыным Ю.А., Бембеевой И. и Федоровой Т. предложен еще один индекс магнитных полей H_m , представляющий собой среднегодовые значения магнитных полей солнечных пятен всех размеров, полученные из измерений различных станций Службы Солнца СССР в 1957–1974 гг.

С появлением электронных баз данных ГАО РАН, КрАО и обсерватории Маунт Вилсон появилась возможность расширить объем исследований. Нами было проведено сравнение вариаций V_{sp} , вычисленных по данным 10 обсерваторий (20 тыс. измерений) с вариациями магнитных полей пятен всех размеров H_m за 1957–1995 гг., собранными из 7 обсерваторий на сайте ГАО в 2002–2005 гг. в объединенной базе магнитных полей солнечных пятен (155 тыс. значений). Вариации индексов V_{sp} и H_m хорошо согласуются ($r = 0.65$) еще выше коэффициент корреляции между N-S-дисбалансом (0.80). Индекс V_{sp} более независим от количества пятен, чем H_m .

В связи с сокращением объема измерений магнитных полей пятен, в настоящее время трудно достигнуть той точности определения H_m , которая была раньше. Поэтому мы предлагаем проводить измерения пятен 30–60 сек. дуги с целью мониторинга V_{sp} . Изменения межпланетного магнитного поля, геомагнитного поля и климата связаны с вариациями магнитных полей пятен [2], и для прогнозов необходимо сохранить непрерывность рядов наблюдений.

- [1] Лозицкая Н.И. Изв. Крым. астрофиз. обсерватории. 2002. Т. 98. С.187–188.
- [2] Lozitska N.I. Kinem. and Physics of Celestial Bodies, Suppl. Ser., 2005. №5, P.153–154.

Сопоставление измерений магнитного поля в линиях FeI 6301.5 и 6302.5 в солнечных вспышках

В.Г. Лозицкий, О.Б. Осыка

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

Исследовались солнечные вспышки 25 октября 2003 г. и 5 ноября 2004 г. баллов M 1.8/2N и M 4.1/1B, соответственно. Эшельные зееман-спектрограммы вспышек получены в Астрономической обсерватории Киевского

национального университета им. Т. Шевченко. Были измерены магнитные поля и изучены профили Стокса I и V в линиях FeI 6301.5 и 6302.5, имеющих практически одинаковую глубину формирования и температурную чувствительность, но заметно отличающихся их факторами Ланде ($g = 1.67$ и 2.50 , соответственно). Теоретически при слабых и умеренных магнитных полях (менее 1 кГс) измеренные напряженности по этим линиям должны совпадать, так что отношение $R = B(6301)/B(6302)$ должно быть близким к единице. В действительности же, в указанных вспышках измерено R в пределах от 0.7 до 0.9 . Этот результат можно объяснить тем, что структура магнитного поля во вспышках была двухкомпонентной: существовало более слабое фоновое поле и более сильная мелкомасштабная (пространственно неразрешимая) компонента, причем магнитная полярность мелкомасштабных структур была противоположной по отношению к фоновому полю. Исследование тонких спектральных особенностей в профилях линий показало, что величина магнитного поля в мелкомасштабных структурах достигала 5 кГс, т.е. была значительно выше, чем в близлежащих пятнах (по данным прямых измерений). Можно предположить, что подобные сильные мелкомасштабные поля противоположной полярности играют важную роль в процессе вспышечного энергоснабжения.

Измерения магнитного поля в солнечном пятне по 50 магниточувствительным линиям

В.Г. Лозицкий, Н.А. Салимова

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

Изучались эшельные зееман-спектрограммы солнечного пятна 25 марта 1991 г., которое наблюдалось на горизонтальном солнечном телескопе АО КНУ с анализатором круговой поляризации — четвертьволновой пластинкой и мозаикой Скоморовского. Магнитное поле измерялось обычным методом — по смещению “центров тяжести” сигма-компонент. Были использованы 50 спектральных линий различных элементов (в т.ч. FeI, FeII, NiI, VI), имеющих факторы Ланде g в пределах от -0.25 до 2.5 . Для оценки влияния эффекта Эвершеда и турбулентии в спектрографе измерялись видимые смещения в соседних полосках мозаики также немагниточувствительных и теллурических линий. Оказалось, что влияние обоих этих эффектов относительно невелико, менее 4 мА, что для линии FeI 6302.5 ($g=2.5$) обуславливает ошибку в 40 Гс, а для линии с фактором $g=0.25$ — примерно 400 Гс. Сопоставление всех данных для одного и того

же места в картинной плоскости показало, что измеренные напряженности в пятне весьма различны по разным линиям — от 1200 до 6500 Гс. Найдены указания на зависимость результатов как от глубины формирования линий, так и от фактора Ланде. Это возможно при существенной неоднородности магнитного поля в вертикальном и горизонтальном направлениях. Обнаружен интересный случай, когда линия FeI 6094.419 с отрицательным фактором Ланде $g = -0.218$ расщепляется так, будто у нее положительный фактор g . Учитывая, что фактор Ланде этой линии определялся эмпирически в лабораторных условиях, можно предположить наличие в пятне каких-то мелкомасштабных и компактных по высоте участков с очень сильными магнитными полями.

Магнитные поля в солнечных вспышках: наблюдения и теоретические модели

В.Г. Лозицкий¹, А.А. Соловьев², Е.А. Киричек²

¹*Астрономическая обсерватория Киевского национального университета имени Тараса Шевченко, Киев, Украина,
E-mail: lozitsky@observ.univ.kiev.ua*

²*Главная астрономическая обсерватория Российской Академии Наук в Пулков, С.-Петербург, Россия E-mail: solov@gao.spb.ru*

Спектральные наблюдения солнечных вспышек с анализаторами круговой и линейной поляризации показывают, что магнитные поля в области вспышек имеют такие важные особенности:

- 1) в максимуме солнечных вспышек отмечается кратковременное (длительностью в несколько минут) усиление магнитного поля в наиболее ярких эмиссионных узлах;
- 2) локальные напряженности магнитного поля в эти моменты могут превосходить обычно измеряемые величину магнитного поля в пятнах, т.е. быть больше 3-4 кГс;
- 3) магнитное поле во вспышке распределяется по высоте немонотонно — как правило, отмечается максимум напряженности в верхней фотосфере или зоне температурного минимума; интересно то, что эта область усиленного поля очень компактна — ее протяженность по высоте не более 100-200 км;
- 4) имеются явные свидетельства субтелескопической (пространственно неразрешимой) структуры магнитного поля как в фотосфере, так и в хромосфере;

5) вспышки возникают в области субтелескопического контакта мелко-масштабных магнитных элементов противоположной полярности, имеющих величину магнитного поля в несколько килогаусс. Об этом свидетельствует, в частности, нетипичное соотношение измеренных напряженностей в линиях FeI 6301.5 и 6302.5 (линии имеют практически одинаковую глубину формирования в атмосфере и температурную чувствительность, но заметно отличаются своими факторами Ланде g , равными 1.67 и 2.50, соответственно). В фотосферной сетке и в фотосфере активных областях вне пятен отношение напряженностей $H(6301)/H(6302)$ равно обычно 1.1-1.3, тогда как во вспышках — от 0.6 до 1.0. Аналогичный вывод следует и из изучения крыльев профилей Стокса V для неблендированных магниточувствительных линий.

Сопоставление всех перечисленных особенностей позволяет заключить, что наиболее вероятной теоретической моделью сильных локальных магнитных полей во вспышках является модель магнитного вихря [1]. Обсуждаются физические особенности этих структур и их возможная роль во вспышечном энерговыделении.

[1] Соловьев А.А. // *Астрономический ж-л.*, 1998, 75, 783.

Колебания интенсивности и поляризации радиоизлучения на волне 17.6 мм: сопоставление со структурой и динамикой магнитных полей

М.А. Лукичева¹, В.Г. Нагнибеда¹, Г.Б. Гельфрейх²

¹ *Санкт-Петербургский университет, Астрономический институт*

² *ГАО РАН*

Приводятся результаты исследования колебаний радиоизлучения активных областей на волне 17.6 мм (радиогелиограф Нобейма, Япония), выполненного совместно с исследованием изменений фотосферного магнитного поля по данным магнитограмм MDI/SOHO и поля доплеровских скоростей. Для анализа были выбраны активные области с незначительным превышением яркостной температуры над температурой спокойного Солнца и малой степенью поляризации, что позволяет считать их излучение тепловым тормозным на волне 17.6 мм. Двумерные карты Солнца в канале интенсивности (I) и поляризации (V) были построены с 10-секундным усреднением по времени для интервала длительностью 4 часа (угловое разрешение около 15 угл.сек.). Для исследования частот колебаний радиояркости и их изменения со временем применялись стандартные

методы Фурье и вейвлет анализа. Для изучения зависимости колебаний радиоизлучения от изменений фотосферного магнитного поля и р-мод использовались последовательности фотосферных магнитограмм продольной составляющей магнитного поля и последовательности карт лучевых скоростей, полученные по данным MDI/SOHO с высоким пространственным разрешением. Общая длительность анализируемых наблюдений составляла 1 час, с временным шагом 1 мин.

Для сигнала магнитограммы и лучевой скорости характерно наличие вариаций с периодами в диапазоне 5 минут. Такие же периоды найдены и в вариациях радиояркости в области максимального магнитного поля пятна. Вейвлет-спектры, как и Фурье-спектры, выявляют и более длинные периоды в наблюдаемых вариациях магнитного поля пятен и соответствующих радиоисточников. Для анализа пространственного распределения мощности колебаний и идентификации областей колебаний со структурой активной области были построены двумерные карты распределения Фурье-мощности колебаний в диапазонах 3-х минут, 5-ти минут и около часа для магнитного поля и вариаций радио яркости. В то время как р-моды (лучевые скорости), как правило, охватывают всю область солнечных пятен, колебания сигнала магнитограммы оказываются локализованными в областях небольшого масштаба. В области солнечных пятен (поляризованная компонента радиоисточника) можно наблюдать 3-х и 5-ти минутные колебания радиояркости. В области нейтральной линии продольного магнитного поля (максимум радиоисточника в интенсивности) наиболее интенсивны колебания длинных периодов. В целом, длиннопериодные колебания характерны для протяженных структур активной области. Зафиксированы случаи, при которых в поляризованном излучении над областями солнечных пятен выделяются колебания с 3-минутным периодом, в то время как в интенсивности колебания отсутствуют.

Изгибные колебания корональных петель с азимутальным полем

Б.Б. Михалев

Калмыцкий государственный университет, Элиста

Корональная петля моделируется цилиндрической трубкой радиуса a , в которой выделена центральная часть радиуса b ($b < a$). Выделенная часть называется шнуром и имеет плотность ρ_{0i} , большую чем плотность в окружающем трубку пространстве ρ_{0e} . Цилиндрический слой с плотностью ρ_{0m} , заключенный между шнуром и окружением трубки, называется оболочкой. Плотности ρ_{0i} и ρ_{0e} однородные, а плотность в оболочке

убывает с радиусом, $\rho_{0m} = \rho_0/(\alpha r)^2$, где параметр α есть масштабный параметр. Величина ρ_0 определяет характерные значения плотности в оболочке. Газовые давления p_{0i}, p_{0m}, p_{0e} однородные. Индукция равновесного магнитного поля имеет следующее распределение

$$\mathbf{B}_0(r) = \begin{cases} B_{0i}\mathbf{e}_z, & r < b, \\ (B_0/\alpha r)\mathbf{e}_\varphi, & b < r < a, \\ B_{0e}\mathbf{e}_z, & a < r. \end{cases}$$

Постоянные величины B_{0i} и B_{0e} определяют однородное поле в шнуре и внешнее однородное поле. Поле в оболочке является чисто азимутальным и потенциальным. Величина B_0 имеет размерность индукции и определяет ее характерные значения в оболочке.

Условия равновесия трубки

$$p_{0i} + \frac{B_{0i}^2}{8\pi} = p_{0m} + \frac{B_0^2}{8\pi\alpha^2 b^2}, \quad p_{0m} + \frac{B_0^2}{8\pi\alpha^2 a^2} = p_{0e} + \frac{B_{0e}^2}{8\pi}.$$

Шнур и окружение трубки характеризуются соответствующими значениями альвеновской и звуковой скоростей $V_{Ai}, C_{si}, V_{Ae}, C_{se}$. В оболочке звуковая скорость есть C_{sm} , а альвеновская имеет характерные значения, определяемые величиной $V_{Am}^2 = B_0^2/4\pi\rho_0$. Если пренебречь в корональных условиях газовым давлением, условия равновесия в терминах скоростей запишутся как

$$\rho_{0i}V_{Ai}^2 = \rho_0V_{Am}^2/\alpha^2 b^2, \quad \rho_0V_{Am}^2/\alpha^2 a^2 = \rho_{0e}V_{Ae}^2. \quad (1)$$

В приближении тонкой трубки, когда $k_z a \ll 1$, дисперсионное уравнение для цилиндрической моды $m = 1$, описывающей изгибные колебания, имеет простой вид

$$\alpha^2 a^2 b^2 (a^2 - b^2) \rho_{0i} (\omega^2 - V_{Ai}^2 k_z^2) \rho_{0e} (\omega^2 - V_{Ae}^2 k_z^2) - 2\rho_0 V_{Am}^2 \{b^2 \rho_{0i} (\omega^2 - V_{Ai}^2 k_z^2) + a^2 \rho_{0e} (\omega^2 - V_{Ae}^2 k_z^2)\} = 0. \quad (2)$$

Здесь параметры трубки ограничены условиями (1). Уравнение (2) дает быструю магнитозвуковую волну, фазовая скорость которой превышает альвеновскую скорость в короне, поэтому она распространяется в радиальном направлении в окружающее пространство, то есть излучается трубкой.

Эффект затухания колебаний определяется комплексной частотой

$$\omega = \omega_0(1 + \epsilon),$$

где ω_0 есть решение дисперсионного уравнения (2). Мнимая часть ϵ дает коэффициент затухания $-\omega_0 \text{Im} \epsilon$, а отношение $Q = -1/2 \text{Im} \epsilon -$

параметр добротности колебаний. Коэффициент затухания определяется формулой

$$\begin{aligned}
& 8\omega_0^2 Im\epsilon \left(\alpha^4 a^2 b^2 (a^2 - b^2) \rho_{0e} \rho_{0i} (2\omega_0^2 - V_{Ae}^2 k_z^2 - V_{Ai}^2 k_z^2) \right. \\
& \left. - 2\rho_0 V_{Am}^2 (\alpha^2 a^2 \rho_{0e} + \alpha^2 b^2 \rho_{0i}) \right) + \\
& + \pi k_e^2 a^2 \left(\alpha^4 a^2 b^2 (a^2 - b^2) \rho_{0e} \rho_{0i} (\omega_0^2 - V_{Ae}^2 k_z^2) (\omega_0^2 - V_{Ai}^2 k_z^2) - \right. \\
& \left. - 2\rho_0 V_{Am}^2 (\alpha^2 a^2 \rho_{0e} (\omega_0^2 - V_{Ae}^2 k_z^2) - \alpha^2 b^2 \rho_{0i} (\omega_0^2 - V_{Ai}^2 k_z^2)) \right) = 0. \quad (3)
\end{aligned}$$

Полученные результаты применены к колебаниям солнечных корональных петель. Для короны характерны значения альвеновской скорости, значительно превосходящие скорость звука, выбраны значения $V_{Ae}=700$ км/с, $C_{se}=100$ км/с. Плотность в шнуре равна $\rho_{0i} = 5\rho_{0e}$, для оболочки выбрано характерное значение плотности $\rho_0 = 5\rho_{0e}$. Альвеновские скорости в шнуре V_{Ai} и оболочке V_{Am} находятся из условий (1). Для скоростей звука выбраны значения $C_{si}=140$ км/с, $C_{sm}=120$ км/с. Масштабный параметр $\alpha=0.25$ 1/см. С уменьшением волнового числа, то есть с увеличением длины трубки, добротность растет. Например, при радиусе трубки $a=12$ тыс.км и радиусе шнура $b=2$ тыс.км добротность Q увеличивается от 19.7 до 84.9 при изменении длины трубки L от 110 тыс.км до 230 тыс.км. Период колебаний принимает значения от 239 до 497 с. Альвеновская скорость в оболочке одна и та же и равна 939 км/с. Плотность плазмы в оболочке меняется с радиусом, она принимает значения $20\rho_{0e}$ на границе со шнуром и $0.56\rho_{0e}$ на границе с короной во всех случаях. Добротность и период увеличиваются с ростом радиуса шнура. Если b меняется от 1 до 4 тыс.км (при $a=12$ тыс.км и $L=130$ тыс.км), то период увеличивается от 270 до 328 с, а добротность — от 18.1 до 190. Альвеновская скорость в оболочке равна 939 км/с.

Приведенные расчеты показывают, что возможно получение малых значений добротности, близких к наблюдаемым и свидетельствующих о быстром затухании колебаний. Двойная магнитная трубка с сильным азимутальным полем в оболочке может служить приемлемой моделью некоторых корональных петель, а наблюдаемое быстрое затухание поперечных колебаний петель может быть объяснено эффективным излучением петель быстрых магнитозвуковых волн в окружающую корону. При этом нет необходимости привлекать диссипативные эффекты, так как данное явление можно объяснить, оставаясь в рамках идеальной магнитной гидродинамики.

Коротковолновые моды солнечных активных областей

Б.Б. Михалев

Калмыцкий государственный университет, Элиста, Россия

Собственные колебания биполярных активных областей на Солнце изучены при помощи метода геометрической акустики. В явном виде получены выражения для частот и амплитуд собственных альвеновских и быстрых магнитозвуковых (БМЗ) мод, которые выражаются через соответствующие эйконалы; исследованы свойства собственных мод. Собственные моды представляют собой стоячие волны, получающиеся в результате отражения волн от фотосферы. Альвеновские моды локализованы в окрестностях магнитных поверхностей, состоящих из магнитных арок. Полученные аналитические выражения для собственных частот уточняют спектр альвеновских мод, полученный на основании численных расчетов Оливером и др. БМЗ-моды тоже локализованы на определенных поверхностях, которые, однако, не совпадают с магнитными. Колебания заданной частоты могут происходить одновременно на нескольких поверхностях. Каждая поверхность характеризуется дискретным набором собственных частот. При переходе от одной поверхности к другой частоты непрерывно меняются, в этом смысле спектр собственных мод является непрерывным. Это относится как к альвеновским, так и к БМЗ-модам.

Характер БМЗ-мод существенно зависит от изменения плотности с высотой. Если плотность с высотой убывает медленно, то локализованные волн может вовсе не быть, решения имеют характер свободно распространяющихся волн, и их спектр является непрерывным. Если плотность убывает с высотой достаточно быстро, то есть альвеновская скорость с высотой растет, БМЗ-волны претерпевают рефракцию по направлению к фотосфере и оказываются локализованными вблизи нее. В этом случае БМЗ-волны имеют дискретный спектр. Данный результат в точности совпадает с результатами численных исследований, описанными в работе Террадаса и др. Все альвеновские волны, распространяющиеся от одного основания магнитных арок к другому, являются локализованными вблизи фотосферы, так как заключены вблизи определенной магнитной арки. Они имеют дискретный спектр. Распределение плотности с высотой проявляется в локализации альвеновских мод. Если плотность убывает достаточно быстро, то моды локализованы у оснований магнитных арок. В противном случае они локализованы у вершин.

Характер колебаний плазмы и возмущений магнитного поля для потенциального и бессилового поля в определенном смысле противоположный. Потенциальное поле имеет вид прямой симметричной анфилады магнитных арок, а для бессилового поля арки смещены в поперечном направлении. В потенциальном поле колебания альвеновских мод происходят в

горизонтальном направлении, а колебания БМЗ-мод — в вертикальной плоскости. В бессиловом поле ситуация обратная. Далее, в потенциальном поле БМЗ-моды оказываются запертыми по обе стороны от плоскости симметрии аркады, на вершинах арок колебания отсутствуют. В бессиловом поле они наблюдаются и на вершинах. Частоты колебаний, расположенных на тех же высотах, для бессилового поля выше, нежели для потенциального. Переход от потенциального поля к бессиловому можно рассматривать как результат деформации сдвига магнитной аркады из-за фотосферного движения. При этом происходит увеличение собственных частот системы, то есть увеличение ее жесткости.

Альвеновские моды локализованы около магнитных арок, то есть около линий магнитного поля, подобно собственным альвеновским модам корональных магнитных трубок. Их различие состоит в том, что вторые представляют собой торсионные волны, а первые — поперечные изгибные возмущения корональных магнитных арок, колебания плазмы в них происходят в строго определенном направлении — вдоль оси магнитной аркады. БМЗ-моды локализованы около лучей, не совпадающих с линиями магнитного поля, поэтому они отличаются от собственных мод корональных трубок. Однако, как и альвеновские моды, они получаются в результате отражения БМЗ-волн от фотосферы и являются собственными модами активной области. Можно сделать вывод, что помимо стоячих БМЗ-волн, захваченных корональными трубками, в короне могут наблюдаться стоячие БМЗ-волны другого типа, представляющие собой собственные моды активных областей.

- [1] Oliver R., Ballester J.L., Hood A.W. and Priest E.R. // *Astron. Astrophys.* 1993. V. 273. P. 647.5.
- [2] Terradas J., Oliver R. and Ballester J.L. // *Astrophys. J.* 1999. V. 517. P. 488.

О пространственных конфигурациях долгопериодических колебаний солнечных пятен

Ю.А. Наговицын, Е.Ю. Наговицына

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

В последнее время возрос интерес к долгопериодным квазипериодическим колебаниям (КПК) в солнечных пятнах, сам факт существования

которых еще 10-15 лет назад подвергался сомнению. Эти КПК развиваются в диапазонах периодов от десятков и сотен минут до нескольких суток и проявляют себя — по исследованиям авторов — в целом ряде пространственно различных колебательных мод. При изучении КПК авторами применялась оригинальная компьютерная методика “Геликор” нахождения точных гелиографических координат, корректирующая основные ошибки наблюдений: за дифференциальную рефракцию, дисторсию объектива, дифференциальное гнупие трубы, погрешности экваториальной установки телескопа и т.п.

Целесообразно разделять “абсолютные” КПК, т.е. колебания в абсолютной гелиографической системе координат, и “относительные” — в полярной системе координат пятна. Исторически первыми были обнаружены крутильные относительные КПК на временных масштабах 40 минут и 4 суток (С.И. Гопасюк, начало 80-х годов). Дальнейшие исследования, с одной стороны, позволили диагностировать с их помощью глубину пятна $h \sim 2000$ км (А.А.Соловьев, Ю.А.Наговицын), а с другой — показали изменение параметров колебаний с расстоянием от центра пятна. Исследования этого эффекта для квазичасовых колебаний привели к обнаружению связи крутильных и радиальных КПК с геометрией структуры магнитного поля активной области, а также со вспышечной активностью в ней (Е.Ю.Наговицына, Ю.А.Наговицын). Радиальные колебания, очевидно, связаны с обнаруженными колебаниями напряженности магнитного поля пятен (Г.Ф. Вальшин, Ю.А. Наговицын, Р.Н. Ихсанов, Л.Д. Парфененко) и проявляют себя в целом спектре периодов от десятков до сотен минут. Были изучены также абсолютные КПК, т.е. квазипериодические изменения гелиографических широт и долгот пятен. Было показано, что с одной стороны, эти два вида колебаний имеют, вообще говоря, разные периоды у одного и того же пятна, а с другой — соотношение периодов этих КПК для суточной временной шкалы связаны с глобальной локализацией активной области: средней гелиографической широтой (Е.Ю.Наговицына, Ю.А.Наговицын).

Таким образом, можно говорить о крутильных, радиальных, широтных и долготных пространственных модах КПК пятен, имеющих типичные периоды десятки, сотни минут и несколько суток. Выявленные специфические свойства КПК позволяют надеяться на большие диагностические возможности в рамках их интерпретации как собственных колебаний пятен (А.А. Соловьев).

Эволюция магнитного поля над активной областью в предвспышечном состоянии

А.И. Подгорный¹, И.М. Подгорный²

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

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

Проведен анализ эволюции магнитного поля над активной областью путем численного решения полной системы трехмерных МГД-уравнений. Показано, что главным признаком наступления предвспышечного состояния является накопление свободной магнитной энергии над активной областью. Такой энергией может быть только энергия поля токов в короне. В литературе рассматриваются две возможности: а) образование токового жгута, который быстро разрывается или выбрасывается электродинамическими силами, б) образование токового слоя над активной областью за счет фокусировки малых возмущений в окрестности особой линии X-типа или при всплывании нового магнитного потока. Токи в короне оказывают слабое влияние на распределение магнитного поля на фотосфере, поэтому обычно не могут быть обнаружены непосредственно на фотосферной карте. Возникновение токового слоя и накопление энергии в его магнитном поле можно обнаружить в численном МГД моделировании, если в качестве фотосферных граничных условий использовать карты эволюционирующего фотосферного магнитного поля. Никаких специальных предположений о механизме накопления энергии в расчет не вводится. Разработан метод введения карт магнитного поля в программу Пересвет. Карты, полученные за двое-трое суток до вспышки, снимаются под различным углом к фотосфере, что требует приведения их к единому стандарту. Показано зарождение токового слоя в предвспышечном состоянии для активных областей, давших вспышку Бастилия (7 июля 2003 г.) и вспышку 27 мая 2003 г.

Модель солнечной вспышки и генерация солнечных космических лучей

И.М. Подгорный¹, Э.В. Вашенюк², А.И. Подгорный³

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

² *Полярный Геофизический Институт КНЦ РАН, Апатиты,
E-mail: vashenyuk@pgi.kolasc.net.ru*

³ *Физический Институт им. П. Н. Лебедева РАН, Москва,
E-mail: podgorny@fiap.flandns.mipt.ru*

Электродинамическая модель вспышки количественно описывает аккумуляцию энергии в магнитном поле коронального токового слоя и последовательность возникновения при его распаде теплового рентгеновского излучения, пучков ускоренных электронов, лент H_{α} , послевспышечных петель, выброса корональной массы и других явлений, включая генерацию γ -излучения и релятивистских протонов. Оценки показывают, что релятивистские протоны могут возникать при ускорении в электрическом поле $-\mathbf{V} \times \mathbf{B}/c$, приложенном вдоль особой линии магнитного поля, а γ -излучение генерируется этими протонами при ядерных реакциях на Солнце. Такой сценарий хорошо подтверждается временами прихода к орбите Земли γ -излучения и релятивистских протонов. Однако, до последнего времени отсутствовало однозначное экспериментальное подтверждение идентичности вычисленных и измеренных спектров протонов, сопровождающих вспышку. Вместе с тем имеются данные, указывающие на прямую связь потока космических лучей с погодой. Анализируются спектры релятивистских протонов, полученные на основании данных мировой сети нейтронных мониторов для различных моментов времени. Сравнение этих спектров с результатами ранее опубликованных и новых расчетов спектров однозначно указывает, что пришедшие вдоль линий спирального межпланетного поля протоны обладают экспоненциальным энергетическим спектром. Эти протоны ускоряются электрическим полем в токовом слое во время вспышки. Запаздывающая компонента имеет степенной спектр. Происхождение этой компоненты обсуждается.

Модель солнечного пятна с гравитационной энергией связи

А.А. Соловьев

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория

Рассматривается элементарная модель солнечного пятна, предполагающая, что существенный вклад в общий энергетический баланс системы вносит гравитационная энергия вещества, “вытесненного” расходящимся магнитным полем пятна из его верхней воронкообразной части (из области вильсоновской депрессии) и перемещенного на глубину “нижней границы” пятна — в область, где сильно сжатая магнитная силовая трубка пятна начинает расширяться книзу.

Такой подход позволяет выделить область возможных равновесных состояний пятна и показать, что наибольшей гравитационной энергией связи обладают солнечные пятна с напряженностью около 1800 Гс и глубиной нижней границы всего около 2 тысяч км.

Исследуется устойчивость найденных равновесий и проблема собственных колебаний солнечного пятна вблизи выделенных равновесных положений.

Уменьшение площади тени пятна на стадии регулярной диссипации

А.А. Соловьев, М.А. Кузнецова

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория

Существуют две модели солнечных пятен, различным образом описывающие зависимость размеров пятна от времени на стадии медленной регулярной диссипации. Согласно кластерно-фрактальной модели [1] скорость убывания площади тени пятна $V = dS_U/dt$ растет со временем и при $S_U \rightarrow 0$ составляет вполне определенную конечную величину.

По другой модели [2, 3, 4, 5], учитывающей диффузию магнитного поля через тонкий самоподдерживающийся слой на границе силовой трубки пятна, величина V на стадии диссипации уменьшается со временем и стремится к нулю при $S_U \rightarrow 0$. Последний эффект был в свое время подтвержден [3] на материале фотогелиограмм ГАС ГАО. В настоящей работе зависимость $V(t)$ для 95 пятен достаточно правильной формы, обнаруживающих на диске стадию медленной регулярной диссипации, получена на основании данных электронного гринвичского каталога солнечных пятен за период 1963 по 1976 годы.

Показано, что характерным явлением для стадии медленного распада солнечных пятен является именно замедление, а не ускорение уменьшения площади тени пятна со временем.

- [1] Зеленый Л.М., Милованов А.В. Эволюция солнечных пятен: кластерная модель // Письма в АЖ, 1992, т.18, №7, С.622–629.
- [2] Соловьев А.А. Омическая диссипация солнечных пятен// АЖ, 1976. т.53, №1, С. 140–147.
- [3] Соловьев А.А. К вопросу о диссипации солнечных пятен// Солнечные данные, 1976, №7, С.83–88.
- [4] Соловьев А.А. Проблема диссипации солнечных пятен // АЖ, 1991. т.68, №1, С. 166–174.
- [5] Соловьев А.А. Закон уменьшения площади и напряженности магнитного поля в солнечном пятне на стадии диссипации// АЖ, 1991. т.68, №3, С. 624–631.

Связь корональных выбросов массы с эруптивными протуберанцами

В.Г. Файнштейн

ИСЗФ СО РАН, 664033, г. Иркутск-33, а/я-4026

E-mail: vfain@iszf.irk.ru

Для периода 1997-2002 г.г. по данным EIT и LASCO C2 и C3 (SOHO) исследована связь корональных выбросов массы (КВМ) с эруптивными протуберанцами на лимбе. На более значительном статистическом материале подтвержден сделанный ранее вывод автора о существовании положительной корреляции между угловыми размерами эруптивных протуберанцев δ_P и связанных с ними корональных выбросов массы (КВМ) Δ_{CME} . В то же время скорректированы уравнение линии регрессии $\delta_P(\Delta_{CME})$ и величина погрешности, характеризующая эту зависимость. Обсуждаются трудности, возникающие при определении размеров около лимбовых эруптивных протуберанцев (ЭП) и связанных с ними КВМ, а также проблема выделения индивидуальных КВМ в условиях возможности неоднозначной интерпретации наблюдаемых в поле зрения коронографа динамических процессов в короне. Изучена связь между широтой эруптивного протуберанца и положением видимой оси КВМ в поле зрения коронографа LASCO C3. Обнаружено, что вблизи минимума и на начальной фазе роста солнечной активности широта эруптивного протуберанца больше

видимой широты оси КВМ практически для всех рассмотренных событий. В окрестности максимума солнечной активности чаще встречаются случаи, когда широта оси КВМ больше, чем широта эруптивного протуберанца. Предложена интерпретация этого явления. Полученная зависимость $\delta_P(\Delta_{CME})$ использовалась для определения параметров нескольких полных Гало КВМ, связанных с эрупцией волокна на солнечном диске. Обсуждается возможность использования полученных результатов для оценки параметров межпланетных корональных выбросов массы на орбите Земли.

Долгопериодические собственные колебания солнечных пятен

А.А. Соловьев, Ю.А. Наговицын, Г.Б. Гельфрейх

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

Рассматривается элементарная энергетическая модель солнечного пятна, учитывающая воронкообразную форму наблюдаемых слоев пятна, глубину его нижней границы и перераспределение (по вертикали) массы газа в пятне в процессе его образования. Показано, что долгопериодические (с периодом более 40 мин.) собственные колебания пятен обусловлены гравитационной энергией связи пятна.

Теоретические расчеты периодов колебаний пятен сопоставлены с данными, полученными на основании обработки методами вейвлет-анализа целого ряда высококачественных наблюдений временных изменений напряженности магнитного поля пятен. Эти наблюдения были проведены Г.Ф. Вяльшиным в Пулкове (две уникальные серии продолжительностью 9 часов с временным разрешением 10 мин), а также одним из соавторов этой работы на ГАС ГАО и в обсерватории Какауаль АН Кубы.

Выявлено наличие двух мод долгопериодических колебаний пятен: одна — с периодами колебаний в интервале от 40 до 100 минут (в зависимости от напряженности магнитного поля пятна H , которая изменяется в интервале от 2600 Гс до 1500 Гс), другая мода — в интервале периодов от 100 до 200 минут (при $1600 \text{ Гс} < H < 2600 \text{ Гс}$). Найдена высокая степень соответствия наблюдаемых и теоретически вычисленных характеристик колебательного процесса при значениях нижней границы сжатой силовой трубки солнечного пятна около 2000 км. Наличие двух мод колебаний естественным образом объясняется возбуждением второй гармоники в системе двух “связанных маятников” — в биполярной группе пятен.

О существовании периодических компонент микроволнового излучения Солнца перед всплесками

В.М. Фридман, О.А. Шейнер

*Федеральное государственное научное учреждение
“Научно-исследовательский радиофизический институт”, Нижний
Новгород, E-mail: rfj@nirfi.sci-nnov.ru*

Волновые и колебательные процессы являются важным предметом исследований Солнца. Радиоастрономия позволяет по характеристикам радиоизлучения судить о таких процессах в хромосфере и короне Солнца [1]. Периодические компоненты радиоизлучения с характерными временами в несколько секунд в периоды вспышечной активности являются по современным представлениям свидетельством наличия МГД колебаний в структурах солнечных петель.

Рассмотрены результаты данных патрульных наблюдений общего потока радиоизлучения Солнца радиоастрономической обсерватории НИР-ФИ “Зименки”, проведенных в период высокой солнечной активности в октябре 2001 и июле 2002 гг. с временным разрешением 0.5 сек. (в 2001 г.) и 0.2 сек. (в 2002 г.) на длинах волн 3 и 10 см. Реализации записей для 7 всплесков позволяли анализировать в излучении наличие периодов ≤ 5 мин. Для спектральной обработки стационаризованных с помощью обычных процедур записей была использована программа быстрого преобразования Фурье, позволяющая оценить наличие периодических составляющих и их относительную величину. В записях радиоизлучения, предшествующих большим всплескам, за 15–20 минут до начала всплесков (вспышек), зарегистрированы периодические колебания потока радиоизлучения. Периоды таких колебаний составляют 5–7 и 10–17 секунд. Аналогичный спектральный анализ временных записей изменений потоков радиоизлучения непосредственно после окончания всплесков показывает отсутствие выделенных спектральных компонент излучения, либо их существенное ослабление.

Отметим, что аналогичные периоды колебаний, полученные в работе [2], зарегистрированы при наблюдениях солнечных петель с высоким пространственным разрешением непосредственно во время всплесков. Совпадение значений и разброса периодов позволяет сделать заключение о сходстве условий их возникновения в различных всплесках и исследовать характерные времена возникновения колебаний на всем периоде активности.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №03-02-16691, а также ФЦП “Интеграция” (раздел “Космическая погода”).

- [1] Sheiner O.A., Fridman V.M. // Geophys. Res. Abstracts, 2004, v.6, p.07397.
- [2] Melnikov V.F., et al. // Proceedings IAU223 “Multi-wavelength investigations of solar activity”, St.-Petersburg, 2004, c.647–648.

Солнечные активные области: магнитный поток, сложность, вспышки

О.В. Чумак¹, В.Н. Обридко², Х. Цанг³

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

² ИЗМИРАН, Москва, E-mail: *obridko@izmiran.troitsk.ru*

³ ZNAO Chinese Acad. Sci., Beijing, China, E-mail: *hzhang@bao.ac.cn*

В докладе представлены результаты исследования статистики и эволюции магнитных полей солнечных активных областей (АО). Исследование основано на анализе около 2000 магнитограмм 25 АО, полученных на SOHO/MDI. На основе этих данных были рассчитаны функции вклада полей различной напряженности для таких параметров АО, как полный интегральный магнитный поток (Fa), дисбаланс потоков в полярностях (Ov), взаимопроникновение полярностей (Hu), угол наклона (An) магнитной оси АО. Отклонения реального магнитного поля АО от потенциально-го оценивалось путем вычисления среднего значения шира (Sh) вдоль линии инверсии радиальной компоненты поля. Временные вариации средних по полю величин этих параметров сопоставлялись с моментами вспышек. Получены следующие результаты:

1. Средние (по величине поля) значения параметров Fa, Ov, Hu, An, Sh — надежно и количественно идентифицируют состояние солнечных АО и позволяют отслеживать и анализировать их динамическую эволюцию.
2. Эволюционные треки АО позволяют классифицировать АО по характеру эволюции.
3. Эволюция АО происходит скачкообразно с резкими переходами от одного квазистойчивого состояния к другому.
4. Вариации параметров Fa, Ov, Hu, An и Sh , связанные со вспышками демонстрируют значительную амплитуду. Оценки энергии вариаций магнитного поля дают величины порядка 10^{31} эрг, что согласуется со средними оценками энергии вспышек.
5. Магнитное поле обнаруживает “квазиупругость”, структура поля после вспышки восстанавливается за 1–3 часа. Эти изменения можно обнаружить только по наблюдениям SOHO/MDI с высоким временным разрешением.

Особенности мощных импульсных солнечных вспышек в 2000–2004 гг.

А.Н. Шаховская

*НИИ Крымская Астрофизическая Обсерватория, Украина, Крым,
E-mail: anna@crao.crimea.ua*

В последнее время благодаря наблюдениям космических телескопов на спутниках GOES, SOHO, TRACE, получено много новых наблюдательных данных о таких явлениях как Coronal Mass Ejection (CME). Одним из основных источников CME являются солнечные вспышки. На земле солнечные вспышки обычно наблюдают в хромосфере в линии H-alpha, на многих телескопах, существует некоторый недостаток данных о развитии вспышек в нижней короне и связи параметров наблюдаемых в H-alpha вспышек с характеристиками CME (скоростью, интенсивностью, направлением) и потоком рентгеновского излучения наблюдаемого спутниками GOES. Известно что поток рентгеновского излучения интенсивность CME, и следовательно геомагнитный эффект солнечной вспышки, не всегда напрямую зависит от яркости и площади вспышки в линии H-alpha. Значительная часть рентгеновского излучения приходится на постэруптивную фазу вспышки, т.е. раскрытие силовых линий коронального магнитного поля, разогрев рентгеновских петель и их медленное остывание. В некоторых случаях у достаточно мощных вспышек, постэруптивная фаза не наступает, и наоборот может иметь место и у значительно менее мощных вспышках. Понять это явление, в некоторой степени, изучая роль коронального выброса во время вспышек, наблюдаемых на земле в H-alpha, и сравнивая их с космическими другими наземными оптическими и радио наблюдениями. По имеющимся у нас данным выброс может, как провоцировать постэруптивную фазу не очень мощной солнечной вспышки, так и остановить развитие достаточно мощной. Для более подробного изучения явления, важно накопить больше данных для тех и других случаев. В данной статье автор рассматривает большое число вспышек, в которых постэруптивная фаза отсутствует, для наиболее мощных из них приводятся данные различных космических и наземных наблюдений и выдвигаются гипотезы для объяснения этого явления.

Исследование быстропротекающих процессов в хромосфере и короне Солнца в аномальный 2003 год

А.Д. Шрамко, С.А. Гусева

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

В работе исследовались вспышечные явления в хромосфере и короне Солнца. Использовались данные орбитальных обсерваторий SOHO (коронграф LASCO C2, C3; спектрогелиограф EIT 195 Å, 305 Å) и GOES (GOES12 1.0–8.0 Å), а также наземные наблюдения радиотелескопа ГАС (5.1 см), за период 2003 года.

Был проведен обзор вспышечной активности 23-го Солнечного цикла по данным GOES и представлены графики временных распределений и синоптические карты вспышек.

Мы уделили особое внимание 2003 году, т.к. он уникален и многообразен своей вспышечной активностью.

В работе представлены, сгруппированные изображения последовательного развития вспышек, начиная с хромосферы и их эволюция в короне, сопоставленные с одномерными сканами в радиодиапазоне.

Представлена таблица сопоставления рентгеновских вспышек по данным GOES12 и их отклик в белой короне по данным LASCO C2. Сделан статистический анализ полученных данных.

О структуре области генерации всплесков на Солнце

Л.В. Яснов

*Научно-исследовательский институт радиоп физики СПбГУ,
Санкт-Петербург*

Предлагается метод определения параметров пространственной неоднородности распределения магнитного поля и быстрых частиц в области генерации всплеска по его динамическим спектрам интенсивности излучения в микроволновом диапазоне длин волн. При этом предполагается, что структура магнитного поля в области генерации всплеска изменяется незначительно в процессе эволюции всплеска. Однако при достаточно большом количестве спектров для одного и того же всплеска это предположение удастся подтвердить или опровергнуть. Метод достаточно эффективен и позволяет надежно определять такие параметры этой неоднородности как расходимость магнитных силовых линий и степень неоднородности энергичных электронов по области генерации всплеска. Этими параметрами являлись показатели степенной зависимости напряженности магнитного поля и концентрации энергичных частиц от координаты вдоль магнитного поля в области генерации всплеска.

Анализ динамических спектров некоторых всплесков, которые были получены из опубликованных источников, позволил установить, что в областях генерации этих всплесков степень неоднородности распределения

быстрых частиц (0.7–4.2) больше степени неоднородности магнитного поля (0.4–0.5). Из 14 исследованных всплесков, только в одном случае предположение о неизменности структуры магнитного поля оказалось неверным, что, возможно, было связано с генерацией радиоизлучения в разные моменты времени из разных мест активной области.

Секция V
**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ
И ИНСТРУМЕНТЫ**

**О долговременных вариациях солнечной светимости и
смене знака градиента глобальной температуры Земли
после максимума 24-го цикла активности и светимости**

Х.И. Абдусаматов

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

В периодах максимального всплеска уровня активности поток интегральной радиации Солнца (ПИРС) всегда был существенно повышенным, а в периодах глубокого минимума активности он заметно снижался [1, 2, 3]. Наличие 11- и 80-летних колебаний радиуса ($R_{\odot}$) и ПИРС ($S_{\odot}$) подтверждается непосредственными наблюдениями [4, 5], а также вековыми вариациями климата. Поэтому Солнце является переменной звездой, пульсирующей, по крайней мере, с тремя, одновременно налагающимися друг на друга, 11- 80- и 200-летними квазипериодами. Долговременные вариации ПИРС, вызванные главным образом соответствующими изменениями его радиуса, оказывали прямое воздействие на квазипериодические изменения климата в прошлом, сохранили такое влияние и в наши дни и, возможно, сохраняют в ближайшем будущем. Основными причинами наблюдаемых долговременных геофизических эффектов являются совокупное влияние 11-, 80- и 200-летних циклов в солнечных вариациях, определяемые соответствующими квазипериодическими изменениями как активности, так и размера (а, следовательно, и светимости $\Delta S_{\odot}/S_{\odot} \approx 2\Delta R_{\odot}/R_{\odot}$), скоординированные соответствующими вариациями всего Солнца [6, 7]. При этом циклические колебания уровня солнечной активности, развивающиеся параллельно аналогичным колебаниям радиуса и светимости, на наш взгляд, сами по себе практически не оказывают значимого влияния ни на вариацию светимости и, следовательно, ни на изменение климата.

Считая, что определяющим в изменении климата и в наши дни остается совокупное влияние 80- и 200-летних компонент вариаций ПИРС и они в целом пропорциональны соответствующим компонентам вариаций

активности, мы на основании изучения хода долговременных вариаций последних можем утверждать, что смена знака градиента глобальной температуры Земли произойдет сразу после максимума нового 24-го цикла солнечной активности и светимости. При этом следует ожидать наступление глубокого минимума солнечной активности почти на уровне Маундеровского минимума ориентировочно вблизи 2040 ± 10 г. и наступление очередного климатического минимума с опозданием на 17 ± 5 лет после этого. Здесь необходимо отметить, что хотя хозяйственная деятельность человека оказывает все возрастающее влияние на окружающую среду, антропогенные факторы изменения климата могут конкурировать с естественными климатообразующими факторами только в будущем.

- [1] Eddy J.A. // Science, 1976, v. 192, p. 1189.
- [2] Борисенков Е.П. (ред.) // Колебания климата за последнее тысячелетие. Ленинград, Гидрометеиздат. 1988.
- [3] Григорьев А.А., Кондратьев К.Я. // Экодинамика и геополитика, т. 2. Экологические катастрофы. С.-Петербург, 2001. -687с.
- [4] Свешников М.Л. // Письма в АЖ, 2002, т. 28, с. 133.
- [5] Frohlich C. // Space Science Reviews, 2000, v. 94, p. 15.
- [6] Абдусаматов Х.И. // Труды конференции “Климатические и экологические аспекты солнечной активности”, С.-Петербург, 2003, с. 3.
- [7] Abdussamatov H.I. // IAU Symposium 223 Proceedings, A.V. Stepanov, E.E. Benevolenskaya and A.G. Kosovichev (eds.), Cambridge university press, 2004, p. 541.

**Измерение временных вариаций формы и диаметра
Солнца с помощью измерительно-исследовательского
комплекса СЛ–200 на служебном модуле российского
сегмента МКС, I**

***Х.И. Абдусаматов¹, Ю.В. Алексеев³, А.А. Антошков^{1,3},
Л.Н. Архипова³, В.П. Будин¹, Д.П. Веселов^{1,3},
А.А. Гарбуль³, В.Б. Григорьев³, А.И. Иванов²,
И.С. Измайлов¹, В.А. Каринский³, В.П. Коношенко²,
А.А. Кузнецов², А.В. Марков², С.Н. Мартынов³,
В.А. Масленников², В.Е. Мельников², Л.А. Мирзоева³,
И.И. Николаев¹, Л.П. Олейников³, И.Н. Сивяков¹,
С.И. Ханков¹***

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

² Ракетно-космическая корпорация "Энергия" им. С.П. Королёва,
г. Королёв Московской обл.

³ ВНЦ "ГОИ им. С.И. Вавилова", С.-Петербург

Спектр колебаний радиуса, сплюснутости и интегрального потока излучения Солнца является основой для диагностики параметров его внутреннего строения вследствие того, что они характеризуют изменения внутренних слоев, вплоть до ядра. Его исследование также позволит глубже понять механизмы переноса энергии из центра звезды к ее поверхности и природу процессов, происходящих в недрах звезд. При этом долговременная вариация солнечного излучения, которая является следствием соответствующей вариации диаметра, – это еще одно важное связующее звено между Солнцем и звездами. Долговременные вариации этих параметров могут служить катализатором генерации цикла активности и светимости.

Основными задачами космического эксперимента (КЭ) "Астрометрия" на служебном модуле (СМ) российского сегмента (РС) МКС являются координатно-фотометрический мониторинг формы лимба и диаметра диска Солнца с точностью $\sim 0.005''$ (по результатам обработки 100 последовательных измерений) и его сплюснутости на уровне $\sim 10^{-6}R_{\odot}$, а также координатно-фотометрические измерения двух центральных и 16-ти лимбовых участков диска с разрешением $\sim 0.7''$. Они позволят создать уникальную базу данных с фундаментальными высокоточными рядами этих параметров, охватывающую не менее половины 11-летнего цикла. Основными целями КЭ, которые предполагаются выполнить на основе изучения этой базы данных, являются исследование глобальных процессов, протекающих в недрах Солнца, и оценки их влияния на Землю, а также изучение цикловых вариаций тонкой структуры фотосферы.

Для получения однозначных результатов с требуемой точностью разработан измерительно-исследовательский комплекс с солнечным лимбографом со световым диаметром главного зеркала 200 мм (СЛ-200). В промежуточном фокусе СЛ-200, имитирующего кольцеобразное солнечное затмение, устанавливается искусственная Луна с двумя центральными отверстиями, перекрывающая около 95% изображения солнечного диска и обеспечивающая наблюдение только за узким кольцом края лимба и двумя центральными участками диска. СЛ-200 снабжен кварцевым зеркальным свето(спектро)делительным фильтром (ЗСВФ) на входном зрачке, ослабляющим интегральный поток солнечного излучения более, чем в 100 раз, и гелиофотомикрометром (ГФММ) со специальным мозаичным ПЗС-фотоприемником диаметром 50 мм в фокальной плоскости. Калибровка масштаба изображения и контроль стабильности функциональных параметров СЛ-200 осуществляется периодическим измерением угловых расстояний между яркими эталонными звездами (при выведенном из светового пучка ЗСВФ). Система АКИ (анализатор качества изображения) анализирует вариации контраста грануляции с центрального блока фотоприемника, возникающие при его плавном перемещении вдоль оптической оси. При достижении максимального значения контраста грануляции САФ (система автоматической фокусировки) фиксирует положение ПЗС-фотоприемника и устанавливает его в плоскости наилучшей фокусировки.

Научная аппаратура комплекса СЛ-200 состоит из двух блоков: блока оптики и механики (БОМ) и блока электроники (БЭ). Разработанная в 2004 г. собственная платформа точного слежения (ПТС) БОМ со значительно расширенными углами поворота вокруг вертикальной ($\pm 175^\circ$) и горизонтальной ($\pm 45^\circ$) осей позволяет реализовать КЭ "Астрометрия" без использования ранее запланированного промежуточного звена наведения с помощью двухступенной платформы наведения (ДПН) и выносного рабочего места (ВРМ), устанавливаемых на УРМ-Д (универсальное рабочее место) СМ. Поэтому БОМ планируется крепить в открытом космосе непосредственно на УРМ-Д, расположенном на внешней поверхности рабочего отсека большого диаметра (РО-2) СМ по IV-й плоскости (правый борт), на расстоянии около 1000 мм от его корпуса. При этом не только сокращаются общие затраты на реализацию проекта на одну треть, но и значительно упрощается контур управления и повышается надежность механической схемы и точность предварительного наведения БОМ на Солнце или на заданную площадку звездного неба, содержащую, по меньшей мере, пару эталонных звезд, и их последующее сопровождение. Блок электроники (БЭ) комплекса СЛ-200 размещается на ворсовых застежках в гермоотсеке СМ в зоне панели №412.

**Измерение временных вариаций формы и диаметра
Солнца с помощью измерительно-исследовательского
комплекса СЛ–200 на служебном модуле российского
сегмента МКС, II**

**Х.И. Абдусаматов¹, Ю.В. Алексеев³, А.А. Антошков^{1,3},
Л.Н. Архипова³, В.П. Будин¹, Д.П. Веселов^{1,3},
А.А. Гарбуль³, В.Б. Григорьев³, А.И. Иванов²,
И.С. Измайлов¹, В.А. Каринский³, В.П. Коношенко²,
А.А. Кузнецов², А.В. Марков², С.Н. Мартынов³,
В.А. Масленников², В.Е. Мельников², Л.А. Мирзоева³,
И.И. Николаев¹, Л.Ш. Олейников³, И.Н. Сивяков¹,
С.И. Ханков¹**

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

² Ракетно-космическая корпорация "Энергия" им. С.П. Королёва,
г. Королёв Московской обл.

³ ВНИЦ "ГОИ им. С.И. Вавилова", С.-Петербург

Система точного слежения за Солнцем, входящая в БЭ, совместно с ПТС обеспечивают прецизионное наведение и стабилизацию оси визирования лимбографа по направлению на центр диска Солнца с погрешностью не более $5''$. При этом погрешность скорости стабилизации изображения – не более $5''/\text{сек}$. Эксперимент проводится двухсуточными непрерывными сериями из 12 сеансов на смежных витках. Количество таких серий в месяц – не менее 6. Длительность сеанса – не более 30 мин.

Для обеспечения наведения визирной оси лимбографа на заданные эталонные звезды программным образом через ИУС (информационная управляющая система) СМ с точностью порядка $1'$ периодически проводится юстировка приборных осей БОМ относительно приборных осей БОКЗ (блок определения координат звезд) СМ путем проведения серии измерений направления на Солнце аппаратурой комплекса СЛ-200 и сравнения измеренных направлений с вычисленными угловыми положениями Солнца в БИНС (бесплатформенная инерциальная навигационная система) СМ. Повышение точности такой юстировки до десятков угловых секунд достигается путем включения и обработки информации одновременно двух звездных датчиков БОКЗ и выполнения коррекции данных БИНС по их данным непосредственно перед проведением юстировки.

Разработанная двухконтурная автономная система обеспечения теплового режима (АСОТР) обеспечит компенсацию нерегулируемых тепловых потерь трубы лимбографа в окружающее космическое пространство. АСОТР в рабочем режиме может поддерживать температуру зеркал и

трубы лимбографа в диапазоне изменения не более, чем 1.0 К при разнице температур между зеркалами и корпусом не более 0.5 К и удерживать положение фокальной плоскости оптической системы в пределах не более 25 мкм. При этом для избежания переохлаждения БОМ дежурный контур АСОТР остаётся включённым постоянно. Разработанные оптическая система, АСОТР и тепломеханическая структура конструкции лимбографа СЛ-200, выполненная на основе инварового корпуса, карбидокремниевых главного и вторичного зеркал, теплозащитных крышек и системы термостатирования фотоприемного устройства и важнейших оптико-механических узлов, обеспечат его нормальное функционирование во всех режимах работы комплекса.

Комплекс СЛ-200 имеет три основных режима измерений: режим координатно-фотометрических измерений формы лимба и диаметра диска Солнца с частотой 5 Гц; режим координатно-фотометрических измерений двух центральных и 16-ти лимбовых участков диска с частотой 0.05 Гц и режим измерения угловых расстояний между яркими эталонными звездами $+2.5 \leq m_b < +6.5$ для калибровки масштаба изображения и контроля стабильности функциональных параметров лимбографа (6 раз в месяц). Общая масса БОМ – 64 кг, БЭ с компьютером – 15 кг. Габаритные размеры БОМ – 1090x485x550 мм, БЭ с компьютером – 180x400x270 мм.

Управление циклограммой эксперимента обеспечивается системой управления бортовой аппаратурой (СУБА) СМ и БЭ комплекса СЛ-200. Управление работой исполнительных органов и систем БОМ, а также сбор и регистрация научной и служебной (контрольной) информации о функционировании научной аппаратуры обеспечивается БЭ. При поддержании орбитальной ориентации МКС с помощью управляющих моментных гироскопов (СМГ) система МКС–УРМ–Д–проставка–БОМ СЛ-200 практически не испытывает упругих колебаний, т.к. спектр частот управляющих воздействий лежит вне диапазона собственных частот совокупной системы. Фрагменты научной информации, содержащие оценку проведенных измерений, а также наиболее важная часть контрольной информации оперативно передаются в ЦУП-М через ИУС. С помощью телеметрической системы БИТС передается вся служебная информация о состоянии аппаратуры и ее работе. Периодически на Землю возвращаются полные результаты эксперимента, записанные на сменные жесткие диски.

Реализация КЭ "Астрометрия" на СМ РС МКС в течение всей восходящей фазы следующего 24-го солнечного цикла многократно повысит его научную эффективность и отдачу.

**Исследование термостабильности оптической системы
солнечного лимбографа СЛ-200 для обеспечения
высокоточных измерений формы и диаметра Солнца
с борта служебного модуля российского сегмента МКС**

Х.И. Абдусаматов, С.И. Ханков

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

Планируемые измерения временных вариаций формы лимба и диаметра диска Солнца с точностью $\sim 0.005''$ на служебном модуле (СМ) российского сегмента (РС) МКС требует исследования возможности удержания в необходимых пределах положения фокальной плоскости солнечного лимбографа СЛ-200, а также максимальных термоискажений карбидокремниевых главного и вторичного зеркал и кварцевого зеркального светофильтра (ЗСВФ) на входном зрачке. С целью обеспечения стабильности характеристик оптической системы разработана двухконтурная автономная система обеспечения теплового режима (АСОТР), которая поддерживает заданный температурный режим корпуса-трубы СЛ-200 и зеркал и включает пассивную и активную компоненты. Последняя включает регулируемые электронагреватели общей мощностью до 100 Вт, обеспечивающие компенсацию нерегулируемых тепловых потерь трубы лимбографа в окружающее космическое пространство. К пассивным элементам АСОТР можно отнести два слоя экранно-вакуумной теплоизоляции (ЭВТИ) толщиной по 10 мм на наружной поверхности инварового корпуса-трубы лимбографа, разделенные тепловыравнивающей дюралюминиевой трубой, теплозащитные крышки объектива и трубы, ЗСВФ на входном зрачке и "луну" в промежуточном фокусе оптической системы, систему экранировки вторичного зеркала от прямого облучения при наблюдении Солнца и от переохлаждения при наблюдении звезд, внешние радиационные панели и тепловые шины для отвода тепла, а также теплозащитную кольцевую бленду из алюминия, устанавливаемую внутри корпуса объектива, непосредственно за ЗСВФ. Показано, что таким образом в течение всего космического эксперимента организуется равномерно распределенный отрицательный внешний тепловой баланс трубы лимбографа в рабочем диапазоне температур за счет выбора радиационных характеристик и тепловой изоляции корпуса-трубы и площадей наружных поверхностей радиаторов. Такая АСОТР в рабочем режиме может поддерживать температуру зеркал и трубы лимбографа в диапазоне изменения не более, чем 1.0 К при разнице температур между зеркалами и корпусом не более 0.5 К и удерживать положение фокальной плоскости оптической системы при работе лимбографа в циклическом режиме (30 минут наблюдения за Солнцем, 60 минут – перерыв; количество циклов – 12) в пределах менее

25 мкм.

Увеличение стабильности положения фокальной плоскости лимбографа может быть достигнуто за счет регулировки уровней температур зеркал и корпуса трубы. При этом условие полной компенсации термического смещения фокальной плоскости оптической системы определяется с помощью выведенной аналитической формулы, описывающей связь всех параметров и перегревов зеркал и корпуса-трубы лимбографа:

$$\Delta f = B_{\text{гл}} \theta_{\text{гл}} + B_{\text{вт}} \theta_{\text{вт}} - B_{\text{к}} \theta_{\text{к}}$$

где Δf – термическое смещение фокальной плоскости оптической системы [мкм]; $\theta_{\text{гл}}$, $\theta_{\text{вт}}$ и $\theta_{\text{к}}$ – перегревы главного и вторичного зеркал и корпуса-трубы, соответственно [K]; $B_{\text{гл}}$, $B_{\text{вт}}$ и $B_{\text{к}}$ – передаточные коэффициенты для главного и вторичного зеркал и корпуса данной оптической системы, соответственно [мкм/K]. С помощью этой формулы можно определить величину термического смещения фокальной плоскости лимбографа во время измерений диаметра диска Солнца или расстояний между яркими эталонными звездами (для калибровки масштаба изображения и контроля стабильности функциональных параметров СЛ-200) и ввести соответствующую компенсирующую поправку в измеренные величины.

Оптическая система, тепломеханическая структура конструкции лимбографа и АСОТР во всех режимах работы комплекса обеспечат термические смещения положения фокальной плоскости СЛ-200 и максимальные термоискажения зеркал и ЗСВФ в допустимых пределах. Это обеспечить нормальное функционирование лимбографа и позволит реализовать проведение намеченных систематических высокоточных измерений на СМ РС МКС.

Патруль солнечной коротковолновой радиации и космическая погода

*С.В. Авакян^{1,2}, И.М. Афанасьев¹, Н.А. Воронин¹,
Ю.Н. Гнедин², И.А. Зоткин¹, М.Л. Лебединская¹,
А.В. Савушкин¹, А.А. Соловьев², Д.А. Черников¹*

¹Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова
(ГОИ), Санкт-Петербург, Россия, E-mail: avak2@mail.ru

²Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория Российской
Академии наук, Санкт-Петербург, Россия, E-mail: solov@gao.spb.ru

Нет явления в космической погоде, которое не было бы связано с солнечной активностью. Наиболее ярким её проявлением являются солнечные вспышки, во время которых коротковолновая солнечная радиация — рентгеновское и крайнее УФ-излучение — резко возрастает как в относительных величинах, так и по абсолютному приросту. Так, поток в области длин волн короче 134 нм может увеличиваться почти вдвое, а поток рентгеновского излучения короче 1 нм может возрасть во время сильнейших солнечных вспышек до 10^5 раз.

Таким образом, из всего потока солнечной электромагнитной радиации активность Солнца наиболее сильно модулирует (в одиннадцатилетнем цикле, с 27-дневным вращением вокруг своей оси и, главное — в периоды вспышек) поток рентгеновского и крайнего УФ-излучения. Именно этот поток первым из других геоэффективных проявлений солнечной активности достигает Земли (за 8 минут), принося информацию о сопутствующих вспышечно-обусловленным явлениям: вариациях скорости солнечного ветра, проникающих потоках протонов и электронов, ударных волнах и выбросах корональной массы.

Исследования УФ-спектра Солнца представляют интерес не только с точки зрения вспышечной активности. Теоретические расчеты (Джалилов, 1996) поглощения акустических и гравитационных волн в солнечной атмосфере показывают, что обусловленные этими эффектами амплитуды яркостных колебаний гораздо больше в УФ диапазоне, чем в оптической и ИК области. Этот эффект уже нашел подтверждение в эксперименте КОРОНАС-Ф, но исследование его вариаций с фазой солнечного цикла требует длительных и систематических наблюдений.

Таким образом, учитывая огромную энергетическую переменчивость коротковолнового спектра и потока ионизирующего излучения Солнца, его высокую информативность по вспышечно-обусловленным явлениям, а также определяющую роль в образовании земной ионосферы, следует признать, что космический мониторинг рентгеновского и УФ излучения Солнца представляет собою одну из актуальнейших задач гелио и геофизики.

Возможность практического осуществления постоянного количественного контроля за ионизирующим излучением Солнца в области 12 кэВ – 9.25 эВ (0.1 – 134 нм) и предполагаемые результаты реализации этого проекта, в частности, в области контроля Космической погоды обсуждаются в представленном докладе.

**О технических характеристиках нового
спектрально-поляризационного комплекса высокого
разрешения СПКВР для микроволновых исследований
Солнца на РАТАН-600**

***В.М. Богод¹, А.М. Алесин², С.В. Балдин¹, В.И. Гараимов¹,
А.А. Перваков¹***

¹*Петербургский Филиал САО РАН*

²*Организация АО “Миррад”, Киев, Украина*

Радиоастрономические исследования солнечной атмосферы занимают важное не дублируемое другими методами место в исследовании солнечной активности на всех ее стадиях — от зарождения активной области до ее распада. Существенный прогресс в этих исследованиях может быть достигнут при реализации новых технических возможностей, среди которых важными являются увеличение эффективной поверхности радиотелескопов, перекрытие широкого диапазона частот, и частотный анализ с высоким разрешением, широкий диапазон перекрытия по времени и временному разрешению и т.д. На это указывают и обнаруженные разнообразные спектральные особенности поляризованного излучения на микроволнах [1]. Здесь мы сообщаем о внедрении в практику регулярных наблюдений нового спектрально-поляризационного комплекса высокого разрешения СПКВР установленного на радиотелескопе РАТАН-600. Идеология этого комплекса докладывалась ранее в [2]. Здесь мы останавливаемся о реализованных параметрах и возможностях новой аппаратуры. Приводятся результаты первых наблюдений на Южном секторе РАТАН-600 с перископом с использованием СПКВР [3]. Работа поддерживается грантом РФФИ 05-02-16228

- [1] В.М. Богод, С.Х. Тохчукова, Особенности микроволнового излучения активных областей генерирующих мощные солнечные вспышки, Письма в АЖ, 2003, том. 29, №3, с.305–316.
- [2] А.М. Алесин, С.В. Балдин, В.М. Богод, А.А. Головков, Е.Ю. Голубева, М.И. Сугак- Новый многоволновый солнечный спектральный комплекс РАТАН-600, Нижний Новгород, 2003, в сб. “Актуальные проблемы физики солнечной и звездной активности”, стр.227–230
- [3] В.М. Богод, Г.Н. Жеканис, М.Г. Мингалиев, С.Х. Тохчукова: Много-азимутальный режим наблюдений на Южном секторе РАТАН-600 с Перископическим отражателем”, Известия ВУЗов “Радиофизика”, т. XLVII, №3, стр. 1–12, 2004.

Модернизация Большого пулковского радиотелескопа для наблюдений Солнца

*Т.П. Борисевич¹, Ю.К. Зверев², Г.Н. Ильин²,
А.Н. Коржавин², Н.Г. Петерова², А.В. Потапович¹,
Н.А. Топчило³*

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

² СПбФ САО РАН, Санкт-Петербург, E-mail: peterova@fsaoran.spb.su

³ СПбГУ, Санкт-Петербург, E-mail: top@astro.spbu.ru

Подведены итоги 30-летней работы Большого пулковского радиотелескопа (БПР), начиная с 1974 г., когда БПР стал специализированным инструментом для исследования Солнца. Все эти годы велись ежедневные наблюдения Солнца и одновременно модернизация инструмента, благодаря которой и в настоящее время инструмент продолжает оставаться в числе крупнейших радиотелескопов России. Приведены основные результаты модернизации, касающиеся всех служб инструмента: антенного хозяйства, юстировки поверхности главного отражателя, приемной и регистрирующей аппаратуры, математического обеспечения сбора данных и обработки наблюдений. Основной тематикой на БПР является исследование солнечно-земных связей и развитие методов прогнозирования вспышечной активности Солнца. Обнаружена корреляция между характером циркуляции земной атмосферы и асимметрией распределения активности на диске Солнца, позволяющая корректировать метеопрогноз. Уточнен критерий Танаки-Эноме и разработан новый индекс солнечной активности, дающие возможность выявлять вспышечно опасные активные области. Предложен метод определения процентного содержания горячей

(7 МК) материи в корональной плазме над активными областями, основанный на сопоставлении наблюдений в рентгеновском и радио диапазонах.

Оптическая схема голограммного спектрофотометра

В.М. Гроздилов

Главная астрономическая обсерватория, E-mail: solar1@gao.spb.ru

Рассмотрены оптическая схема 12 канального среднеполосного голограммного спектрофотометра, применение различных фотоприемников и примеры фотометрии для Солнца и звезд.

Цифровая регистрация лучевых скоростей прямым измерением доплер эффекта

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

*Главная астрономическая обсерватория РАН,
E-mail: parfinenko@gao.spb.ru*

Измерение лучевых скоростей в атмосфере Солнца, как известно, основано на определении смещений спектральных линий, обусловленного эффектом Доплера. Мы используем метод, при котором измеряются абсолютные координаты центра тяжести линии и затем, при помощи компьютерной программы обработки полученного ряда данных убираем как наклон линии в спектре, так и крупномасштабный тренд, искажающий ее вследствие дисторсии. Рассмотрены некоторые результаты наблюдений колебаний лучевых скоростей. Например, обнаружена концентрация пятиминутных мод на масштабах мезгрануляции.

**Коронографический поляриметр для мониторинга
магнитных полей спокойных протуберанцев**

***В.В. Попов¹, И.В. Алексеева¹, О.И. Бугаенко¹, И.С. Ким¹,
И.Л. Струля²***

¹ *Государственный астрономический институт
им. П.К. Штернберга, Москва, E-mail: vpopov@sai.msu.ru*

² *НПО “Композит” г. Королев, Московская обл.,
E-mail: stroulea@sai.msu.ru*

Циклические вариации величины и направления магнитного поля спокойных протуберанцев, наиболее очевидных трассеров линий раздела полярности крупномасштабного магнитного поля Солнца, могли бы предоставить информацию об эволюции крупномасштабного магнитного поля Солнца и токах в верхней солнечной атмосфере. Тем не менее, до настоящего времени магнитографические исследования протуберанцев проводятся эпизодически вследствие технических проблем регистрации “слабых” магнитных полей. В работе представлено описание коронографа-поляриметра для внезатменного мониторинга **I**, **U**, **Q**-параметров Стокса с последующим анализом “широкополосного” эффекта Ханле в линиях нейтрального водорода (6553 Å) и гелия (10830 Å): оптическая схема (первичная оптика диаметром 100 мм, эффективное фокусное расстояние 700 мм), экранирование в первичной фокальной плоскости и в плоскости изображения входного зрачка, вращающийся поляризатор в плоскости диафрагмы Лео, блок контрастных интерференционных фильтров, блок регистрации. Отмечено, что контрастность узкополосных интерференционных фильтров и однородность пропускания по полю поляризаторов являются определяющими факторами для надежного мониторинга параметров Стокса. Прототип поляриметра был успешно опробован во время полного солнечного затмения.

Работа поддержана грантом № 05-02-17877 РФФИ.

Оглавление

ПРОГРАММА	3
I. КОСМИЧЕСКАЯ ПОГОДА И СОЛНЕЧНО-ЗЕМНЫЕ СВЯЗИ	6
<i>T.E. Val'chuk, N.K. Kononova.</i> Solar extreme events in earth tropospheric circulation	6
<i>С.В. Веретененко, И.В. Артамонова.</i> Влияние форбуш-понижений галактических космических лучей на интенсивность циклонических процессов в умеренных и высоких широтах	7
<i>С.В. Веретененко, В.А. Дергачев, П.Б. Дмитриев.</i> Влияние арктического фронта на формирование долгопериодных эффектов солнечной активности в вариациях приземного давления в Северной Атлантике	7
<i>С.В. Веретененко, П. Тайл.</i> Усиление регенерации циклонов в Северной Атлантике в связи со всплесками солнечных космических лучей	8
<i>М.И. Веригин, T.-L. Zhang, M. Tatrallyay, Г.А. Котова, А.П. Ремизов.</i> Влияние вариаций потока УФ излучения Солнца в цикле солнечной активности на характеристики экзосферы, ионопаузы и околопланетной ударной волны Венеры	9
<i>И.С. Веселовский, И.Г. Персианцев, А.Ю. Рязанов, Ю.С. Шугай, О.С. Яковчук.</i> Прогнозирование скорости солнечного ветра по площади экваториальных корональных дыр с использованием нейронных сетей и сопоставление с рекуррентными геомагнитными возмущениями	10
<i>В.В. Вишневский, М.В. Рагульская.</i> Фазовый портрет эталонного кардиоцикла человека, как инвариант индивидуальности личности и критерий адаптивности организма к вариациям солнечной активности и техногенным полям	11
<i>В.В. Давыдов.</i> Кросс-вейвлет в анализе солнечно-земных связей	12
<i>Е.И. Дайбог, Ю.И. Логачев.</i> Скорость спада интенсивности протонов в событиях СКЛ как обобщенная характеристика межпланетного пространства	13
<i>А.В. Дмитриев, И.С. Веселовский, О.С. Яковчук.</i> Проблемы согласования данных по солнечному ветру в базах данных OMNI и OMNI-2	14
<i>Д.В. Ерофеев.</i> Зависимость между азимутальным углом межпланетного магнитного поля и скоростью солнечного ветра для разных типов потоков и разных фаз солнечного цикла	15
<i>Д.В. Ерофеев.</i> Связь между солнечными и межпланетными магнитными полями для полей разного типа симметрии относительно гелиоэкватора	16

<i>В.Г. Иванов, Е.В. Милецкий.</i> Взаимосвязи геомагнитных возмущений с параметрами солнечного ветра и характеристиками солнечной активности	17
<i>В.Н. Ишков.</i> Околоземное космическое пространство: современное состояние оценки возмущающих воздействий солнечными активными явлениями	17
<i>А.К. Кириллов.</i> Выбросы метана и угля и космофизические факторы	18
<i>А.К. Кириллов, Н.Г. Кириллова.</i> Связь солнечной активности и вариаций атмосферного давления в г. Донецке	20
<i>М.Б. Крайнев.</i> О зоне секторной структуры и гелиосферном токовом слое межпланетного магнитного поля	22
<i>М.Б. Крайнев, В.И. Кафтан.</i> О связях между характеристиками солнечной активности и интенсивностью галактических космических лучей и ожидаемом поведении интенсивности в 2005–2009 гг.	23
<i>Н.И. Лозицкая.</i> Геомагнитные и климатические проявления вариаций солнечной активности	24
<i>I.A. Mironova.</i> Daily variations of the TOMS Aerosol Index during solar proton events and Forbush decreases of intensity of galactic cosmic rays	24
<i>В.Н. Обриджо, М.В. Рагульская.</i> Влияние космической погоды на организм человека и медицинскую статистику	25
<i>М.В. Подзолко, И.В. Гецелев.</i> Потоки протонов солнечных и галактических космических лучей по данным измерений IMP-8	26
<i>Д.И. Понявин, С.Н. Терёхин.</i> Геомагнитная активность в XIX и XX столетиях	27
<i>В.С. Прокудина.</i> Наблюдения крупных пятен в минимуме Маундера и солнечно-земные связи	28
<i>В.С. Прокудина, И.А. Лисов.</i> Аномальное движение спутника во время мощных геомагнитных бурь	29
<i>В.Ю. Савельев, А.В. Елисеева, В.М. Фридман, О.А. Шейнер.</i> О возможной корреляции геофизических и метеопараметров по данным Нижегородского региона	29
<i>В.Ю. Серпов, А.С. Степанова, А.В. Храмов.</i> О влиянии геомагнитной активности на число случаев насильственной смерти в Санкт-Петербурге в различные фазы лунного цикла	30
II. ПОВЕДЕНИЕ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ НА БОЛЬШОЙ ВРЕМЕННОЙ ШКАЛЕ И ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА	32
<i>Т.В. Барляева, Д.И. Понявин.</i> Нелинейный анализ глобальных изменений климата и солнечной активности	32
<i>В.В. Васильева, А.Г. Тлатов.</i> Анализ распределения волокон в период 1919–2002 гг.	33

<i>Д.М. Волобуев, Ю.А. Наговицын, Х. Юнгнер.</i> Синхронность изменений относительного содержания радиоуглерода и углекислого газа в атмосфере за последние 22000 лет: противоречие модельных оценок и результатов измерений	34
<i>Е.Б. Данилкина, Е.Б. Куандыков, Н.Г. Макаренко.</i> О прогнозе 24-го цикла временного ряда чисел Вольфа	34
<i>В.А. Дергачев.</i> Наиболее холодные эпизоды и интенсивность космических лучей в течение последних 10 тысяч лет	35
<i>В.А. Дергачев, Ю.Ю. Картавых.</i> О возможном влиянии событий СКЛ на временной ход температуры	37
<i>Н.В. Золотова, Д.И. Понявин.</i> Синхронизация индексов пятенной активности в северном и южном полушариях Солнца	38
<i>D.K. Callebaut, V.I. Makarov.</i> The Advent of a Grand Minimum and Climate Effects	38
<i>Л.М. Каримова, Н.Г. Макаренко, S. Helama.</i> Нелинейные методы тестирования синхронизации двух систем по палеоклиматическим данным.	39
<i>В.И. Кафтан, М.Б. Крайнев.</i> Прогноз развития текущего солнечного цикла в характеристиках солнечной активности и галактических космических лучей	40
<i>Б. Комитов, В. Кафтан.</i> О стабильности “Форбуш-эффекта” в течение последних тысячелетий	41
<i>А.П. Крамынин, И.В. Кузменко.</i> О характере потепления нижней тропосферы в разных регионах Земли	43
<i>И.В. Кудрявцев.</i> Вариации прозрачности атмосферы Земли под действием космических лучей, как возможная причина влияния космических лучей на термодинамические параметры атмосферы и аномалии облачного покрова	43
<i>V.I. Makarov, V.V. Makarova, D.K. Callebaut, K.R. Sivaraman.</i> Link Between the Polar and Sunspot Activities of the Sun	44
<i>V.I. Makarov, A.G. Tlatov, D.K. Callebaut, K.R. Sivaraman.</i> Various Scenarios of Polar Magnetic Field Reversals during Maunder Minimum	45
<i>Е.В. Милецкий, В.Г. Иванов.</i> Взаимосвязь вариаций солнечной активности и приземных температур на протяжении двух последних тысячелетий	46
<i>Е.В. Милецкий, В.Г. Иванов, Ю.А. Наговицын, Д.М. Волобуев.</i> Проект создания интерактивной базы данных по солнечной активности в системе “Пулковского каталога солнечной деятельности”	47
<i>А.В. Мордвинов, Н.Г. Макаренко, Х. Юнгнер.</i> Нейросетевая модель солнечного воздействия на климат Земли и прогноз цикла 24	48
<i>Ю.А. Наговицын.</i> Индекс площадей солнечных пятен и описание долговременных вариаций магнитного потока Солнца	49

<i>Ю.А. Наговицын.</i> К описанию солнечной и геомагнитной активности на большой временной шкале	49
<i>Ю.А. Наговицын, Д.М. Волобуев, В.Г. Иванов, Е.В. Милецкий.</i> Исследование солнечной цикличности на временных шкалах различной длительности. Результаты и перспективы.	50
<i>М.Г. Огурцов.</i> Солнечная палеоастрофизика как средство для прогнозирования солнечной активности в будущем.	51
<i>M.G. Ogurtsov, H. Jungner, M. Lindholm, M. Eronen.</i> Change in atmospheric transparency as a possible link connecting century-scale variability in solar activity and climate	51
<i>О.М. Распопов, В.А. Дергачев.</i> Проявление двухсотлетнего солнечного цикла в климатических изменениях	52
<i>О.М. Распопов, В.А. Дергачев, М.Г. Огурцов, Т. Колстрем.</i> 2300–2400-летний солнечный цикл и особенности атмосферной циркуляции в Северной Европе	53
<i>А.Г. Тлатов.</i> Долговременные вариации вращения солнечной короны	54
<i>А.Г. Тлатов, В.И. Макаров.</i> Индексы фонового магнитного поля Солнца в минимуме активности и следующий 11-летний цикл пятен	54
III. КРУПНОМАСШТАБНЫЕ СТРУКТУРЫ НА СОЛНЦЕ И ФИЗИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ	56
<i>О.Г. Бадалян.</i> Два типа дифференциального вращения солнечной короны	56
<i>О.Г. Бадалян, В.Н. Обриджо.</i> О двух закономерностях связи яркости зеленой корональной линии и магнитного поля	57
<i>Е.Е. Беневоленская.</i> Роль долгоживущих комплексов активности в солнечном цикле	58
<i>И.А. Биленко.</i> Закономерности формирования и эволюции fotosферных магнитных полей Солнца различного масштаба	59
<i>Н.Г. Блудова, О.Г. Бадалян.</i> Связь яркости зеленой корональной линии, крупномасштабного магнитного поля и площадей пятен в цикле	59
<i>Е.А. Бруевич, И.Ю. Алексеев.</i> Поверхностная активность звезд поздних спектральных классов — аналог циклической активности Солнца	60
<i>Ю.В. Вандакуров.</i> Проблемы равновесия верхних слоев и генерации магнитных полей на Солнце	61
<i>Е.С. Вернова, М.И. Тясто, Д.Г. Баранов.</i> 11-летний и 22-летний циклы в гелиодолготном распределении солнечной активности .	61
<i>И.С. Веселовский, О.С. Яковчук.</i> Некоторые физические особенности наиболее сильных возмущений на Солнце и в гелиосфере .	62

<i>Д.М. Волобуев.</i> Кинематическое описание циклов Хейла и Глейсберга как связанных дисков Фарадея	63
<i>А.В. Гетлинг, Р.Д. Симитев, Ф.Х. Буссе.</i> Глобально-локальное солнечное динамо — единый механизм?	63
<i>Ю.Н. Гнедин, Р.Н. Иксанов, Е.В. Милецкий.</i> О потоках солнечных нейтрино в радиохимических экспериментах	64
<i>С.А. Гусева.</i> Изучение свойств эффективных магнитных полюсов Солнца по данным ЕИТ (SOHO) за 1999–2003 гг.	65
<i>С.А. Гусева, А.Д. Шрамко.</i> Исследование долгоживущих лучей в короне Солнца по снимкам орбитального телескопа LASCO C2	65
<i>С.А. Гусева, А.Д. Шрамко.</i> Трехмерное моделирование корональных лучей Солнца	66
<i>Е.И. Дайбог, М.А. Зельдович, В.Н. Ишков, Ю.И. Логачев.</i> Солнечные вспышки и энергичные частицы в периоды спокойного Солнца	66
<i>А.Б. Делоне, Г.А. Порфирьева, Г.В. Якунина.</i> Потоки вещества в солнечной короне по наблюдениям в белом свете на SOHO	67
<i>А.Б. Делоне, Г.А. Порфирьева, Г.В. Якунина.</i> Турбулентные и направленные движения вещества в различных структурных образованиях в нижней короне	68
<i>Е.В. Иванов.</i> Квазидвухлетние вариации суммарных площадей пятен в секторах активных долгот	68
<i>Р.Н. Иксанов, В.Г. Иванов.</i> Особенности эволюции крупномасштабного магнитного поля Солнца в 15–23 циклах	69
<i>В.Н. Ишков.</i> Солнце в текущем 23 цикле солнечной активности	69
<i>D.K. Callebaut, G.K. Karugila, V.I. Makarov.</i> Reaction by $E \times B$ drifts in convective zone	70
<i>D.K. Callebaut, V.I. Makarov.</i> Generation of Sunspots and Polar Faculae from a Kinematic Dynamo	71
<i>D.K. Callebaut, V.I. Makarov.</i> Lorentz force from generated magnetic field	72
<i>М.М. Кацова, М.А. Лившиц.</i> Солнце среди активных звезд поздних спектральных классов: новые результаты	73
<i>Ким Гун-Дер.</i> Импульсы корональной активности	74
<i>И.С. Ким.</i> Структура “белой” короны как трассер поля скоростей электронов	74
<i>В.Н. Криводубский.</i> О магнитном происхождении крутильных колебаний на высоких гелиоширотах	75
<i>Н.Л. Крусанова, Т.А. Бируля, М.Ю. Крюкова, В.В. Попов, А.О. Юфев, В.К. Хондырев.</i> Цвет “белой” короны 3 ноября 1994 года	76
<i>K.M. Kuzanyan, V.V. Pipin.</i> The twist and current helicity of the solar magnetic fields: confront the theory and observations	76

<i>У.М. Лейко.</i> Вращение магнитных полей Солнца и циклы активности в XX столетии	77
<i>И.М. Лившиц, В.Н. Обриджо.</i> Магнитный момент солнечного диполя на различных фазах цикла	78
<i>Н.А. Лотова, К.В. Владимирский, В.Н. Обриджо, Б.П. Филиппов, О.А. Корелов.</i> Структура потоков солнечного ветра в эпоху максимума 23-го солнечного цикла	78
<i>К.И. Никольская.</i> Корональные дыры в цикле активности	79
<i>М.Ю. Решетняк.</i> Турбулентная диффузия и спиральность в быстровращающейся сферической оболочке	80
<i>Д.Д. Соколов, С. Бердюгина, Д. Мосс, И. Уоскин.</i> Проблема активных долгот в свете теории солнечного динамо	81
<i>А.А. Соловьев, Ю.А. Наговицын.</i> Развитие диффузионной модели солнечного цикла: новый взгляд на природу хэйловской пары	82
<i>А.А. Соловьев, Ю.А. Наговицын, Е.А. Киричек.</i> Развитие диффузионной модели солнечного цикла: поведение магнитных полей и омега-эффект	83
<i>Н.Н. Степанян, О.А. Андреева.</i> Два типа крупномасштабных магнитных полей на Солнце	85
<i>А.Г. Тлатов, А.А. Певцов.</i> Индекс активности по данным ежедневных наблюдений в красном крыле спектральной линии <i>KIICA</i>	85
<i>А.Г. Тлатов, К.С. Тавастшерна.</i> Изучение свойств магнитного поля корональных дыр и полостей волокон на основе нового Каталога за 1975–2003 гг.	86
IV. ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В АКТИВНЫХ ОБЛАСТЯХ НА СОЛНЦЕ	87
<i>В.Е. Абрамов-Максимов, В.Н. Боровик, А.Н. Коржавин, А. Крюгер.</i> Особенности микроволнового всплеска 23.08.1988 по многоазимутальным наблюдениям Солнца на РАТАН-600	87
<i>Л.М. Алексеева.</i> О возможной природе тонкоструктурированных образований в надфотосферных слоях Солнца	88
<i>А.В. Баранов, Л.Ф. Лазарева.</i> Анализ профилей круговой поляризации Стокса различных спектральных линий в спектре солнечного пятна	89
<i>В.М. Богод, В.С. Котельников.</i> Динамика вспышечно продуктивной активной области АО 10696 в ноябре 2004 г. по микроволновым спектральным наблюдениям	90
<i>В.Н. Боровик, В.Е. Абрамов-Максимов, В.М. Богод, Т.П. Борисевич, И.Ю. Григорьева, А.Н. Коржавин, В.Г. Медарь, Н.Г. Петерова.</i> Постэруптивные и послевспышечные залимбовые источники микроволнового излучения по наблюдениям на РАТАН-600 и БПР	91

<i>Г.Б. Гельфрейх, Ю.А. Наговицын, А.А. Соловьев.</i> Долгопериодические колебания солнечных пятен: оптика и радио	91
<i>С.А. Гриб.</i> Взаимодействие солнечных сильных разрывов с плазменными корональными структурами с постоянным давлением	92
<i>С.А. Гриб.</i> Нелинейное догонное взаимодействие солнечных возмущений корональной плазмы	93
<i>П.Б. Дмитриев, И.В. Кудрявцев, В.П. Лазутков, Г.А. Матвеев, М.И. Савченко, Д.В. Скородумов.</i> Особенности рентгеновского излучения солнечных вспышек 15 апреля и 29 октября 2002 года	94
<i>Ю.Д. Жугжда.</i> Медленные нелинейные и ударные волны в магнитных трубках	94
<i>Б.А. Иошпа, В.Н. Обриджо, Е.А. Руденчик.</i> Фрактальная структура магнитного поля солнечных пятен	95
<i>V. V. Kasinsky.</i> The kinematics of chromospheric flares and the gravity-sound triggering mechanism of sympatetic flares in the active regions	96
<i>V. V. Kasinsky.</i> Variations of the energy spectra of solar X-ray flares — interconnection with the chromospheric and magnetic activity of the Sun (1972–2001)	97
<i>Е.А. Киричек, А.А. Соловьев.</i> Сигмоидальная магнитная аркада: структура и энергетика	98
<i>Е.А. Киричек, А.А. Соловьев, В.Н. Шаповалов, О.В. Шаповалова.</i> Ковариантная формулировка магнитогидростатической задачи: модель кольцевого волокна на Солнце	98
<i>А.Н. Коржавин, Т.П. Борисевич, Н.Г. Петерова, .</i> Сопоставление рентгеновских и радионаблюдений как метод оценки соотношения между горячей и холодной материей в короне над активными областями на Солнце	99
<i>С.Н. Кузнецов, И.Н. Мяжкова, В.Г. Курт, Е.А. Муравьева, К. Кудела.</i> Солнечные вспышки января 2005 года по данным ИСЗ КОРОНАС-Ф.	100
<i>Е.С. Кулагин, П.Г. Папушев, С.А. Чупраков.</i> Мощная вспышка класса 3В/М7.1 23 сентября 1998 года и инжекция плазмы в расширяющуюся магнитную аркаду	101
<i>А.И. Лаптухов.</i> Механизм солнечных вспышек и нагрева короны	102
<i>М.А. Лившиц, В.А. Чернетский, А.В. Богомолов, С.И. Свертилов, Ю.И. Логачев.</i> Восход группы 10846: наблюдения жесткого излучения вспышек на околomarсианской станции “ОДИССЕЙ” и “КОРОНАС-Ф”	103
<i>М.А. Лившиц, В.А. Чернетский, А.В. Богомолов, С.Н. Кузнецов, Ю.И. Логачев, И.Н. Мяжкова, С.И. Свертилов, Б.Ю. Юшков.</i> Стереоскопические наблюдения солнечных вспышек на станциях “2001 Марс Одиссей” и “КОРОНАС-Ф”	104

<i>Н.И. Лозицкая.</i> Анализ баз данных и перспективы визуальных измерений напряженностей магнитных полей солнечных пятен . . .	104
<i>В.Г. Лозицкий, О.Б. Осыка.</i> Сопоставление измерений магнитного поля в линиях FeI 6301.5 и 6302.5 в солнечных вспышках . . .	105
<i>В.Г. Лозицкий, Н.А. Салимова.</i> Измерения магнитного поля в солнечном пятне по 50 магниточувствительных линиям . . .	106
<i>В.Г. Лозицкий, А.А. Соловьев, Е.А. Киричек.</i> Магнитные поля в солнечных вспышках: наблюдения и теоретические модели . .	107
<i>М.А. Лукичева, В.Г. Нагнибеда, Г.Б. Гельфрейх.</i> Колебания интенсивности и поляризации радиоизлучения на волне 17.6 мм: сопоставление со структурой и динамикой магнитных полей . . .	108
<i>Б.Б. Михалев.</i> Изгибные колебания корональных петель с азимутальным полем	109
<i>Б.Б. Михалев.</i> Коротковолновые моды солнечных активных областей	112
<i>Ю.А. Наговицын, Е.Ю. Наговицына.</i> О пространственных конфигурациях долгопериодических колебаний солнечных пятен . .	113
<i>А.И. Подгорный, И.М. Подгорный.</i> Эволюция магнитного поля над активной областью в предвспышечном состоянии	115
<i>И.М. Подгорный, Э.В. Вашенюк, А.И. Подгорный.</i> Модель солнечной вспышки и генерация солнечных космических лучей . . .	116
<i>А.А. Соловьев.</i> Модель солнечного пятна с гравитационной энергией связи	117
<i>А.А. Соловьев, М.А. Кузнецова.</i> Уменьшение площади тени пятна на стадии регулярной диссипации	117
<i>В.Г. Файнштейн.</i> Связь корональных выбросов массы с эруптивными протуберанцами	118
<i>А.А. Соловьев, Ю.А. Наговицын, Г.Б. Гельфрейх.</i> Долгопериодические собственные колебания солнечных пятен	119
<i>В.М. Фридман, О.А. Шейнер.</i> О существовании периодических компонент микроволнового излучения Солнца перед всплесками .	120
<i>О.В. Чумак, В.Н. Обриджо, Х. Цанг.</i> Солнечные активные области: магнитный поток, сложность, вспышки	121
<i>А.Н. Шаховская.</i> Особенности мощных импульсных солнечных вспышек в 2000–2004 гг.	122
<i>А.Д. Шрамко, С.А. Гусева.</i> Исследование быстропротекающих процессов в хромосфере и короне Солнца в аномальный 2003 год .	123
<i>Л.В. Яснов.</i> О структуре области генерации всплесков на Солнце	123
V. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ И ИНСТРУМЕНТЫ . . .	125
<i>Х.И. Абдусаматов.</i> О долговременных вариациях солнечной светимости и смене знака градиента глобальной температуры Земли после максимума 24-го цикла активности и светимости . . .	125

<i>Х.И. Абдусаматов, Ю.В. Алексеев, А.А. Антошков, Л.Н. Архипова, В.П. Будин, Д.П. Веселов, А.А. Гарбуль, В.Б. Григорьев, А.И. Иванов, И.С. Измайлов, В.А. Каринский, В.П. Коношенко, А.А. Кузнецов, А.В. Марков, С.Н. Мартынов, В.А. Масленников, В.Е. Мельников, Л.А. Мирзоева, И.И. Николаев, Л.Ш. Олейников, И.Н. Сивяков, С.И. Ханков.</i> Измерение временных вариаций формы и диаметра Солнца с помощью измерительно-исследовательского комплекса СЛ-200 на служебном модуле российского сегмента МКС, I	127
<i>Х.И. Абдусаматов, Ю.В. Алексеев, А.А. Антошков, Л.Н. Архипова, В.П. Будин, Д.П. Веселов, А.А. Гарбуль, В.Б. Григорьев, А.И. Иванов, И.С. Измайлов, В.А. Каринский, В.П. Коношенко, А.А. Кузнецов, А.В. Марков, С.Н. Мартынов, В.А. Масленников, В.Е. Мельников, Л.А. Мирзоева, И.И. Николаев, Л.Ш. Олейников, И.Н. Сивяков, С.И. Ханков.</i> Измерение временных вариаций формы и диаметра Солнца с помощью измерительно-исследовательского комплекса СЛ-200 на служебном модуле российского сегмента МКС, II	129
<i>Х.И. Абдусаматов, С.И. Ханков.</i> Исследование термостабильности оптической системы солнечного лимбографа СЛ-200 для обеспечения высокоточных измерений формы и диаметра Солнца с борта служебного модуля российского сегмента МКС	131
<i>С.В. Авакян, И.М. Афанасьев, Н.А. Воронин, Ю.Н. Гнедин, И.А. Зоткин, М.Л. Лебединская, А.В. Савушкин, А.А. Соловьев, Д.А. Черников.</i> Патруль солнечной коротковолновой радиации и космическая погода	133
<i>В.М. Богод, А.М. Алесин, С.В. Балдин, В.И. Гараимов, А.А. Перваков.</i> О технических характеристиках нового спектрально-поляризационного комплекса высокого разрешения СПКВР для микроволновых исследований Солнца на РАТАН-600	134
<i>Т.П. Борисевич, Ю.К. Зверев, Г.Н. Ильин, А.Н. Коржавин, Н.Г. Петерова, А.В. Потапович, Н.А. Топчило.</i> Модернизация Большого пулковского радиотелескопа для наблюдений Солнца	135
<i>В.М. Гроздилов.</i> Оптическая схема голограммного спектрофотометра	136
<i>В.И. Ефремов, Р.Н. Иханов, Л.Д. Парфиненко.</i> Цифровая регистрация лучевых скоростей прямым измерением доплер эффекта	136
<i>В.В. Попов, И.В. Алексеева, О.И. Бугаенко, И.С. Ким, И.Л. Струля.</i> Коронаграфический поляриметр для мониторинга магнитных полей спокойных протуберанцев	137
Список авторов	147

Список авторов

- | | |
|--------------------------------------|----------------------------------|
| Абдусаматов Х.И., 125, 127, 129, 131 | Веселов Д.П., 127, 129 |
| Абрамов-Максимов В.Е., 87, 91 | Веселовский И.С., 10, 14, 62 |
| Авакян С.В., 133 | Вишневский В.В., 11 |
| Алексеев И.Ю., 60 | Владимирский К.В., 78 |
| Алексеев Ю.В., 127, 129 | Волобуев Д.М., 34, 47, 50, 63 |
| Алексеева И.В., 137 | Воронин Н.А., 133 |
| Алексеева Л.М., 88 | Гараимов В.И., 134 |
| Алесин А.М., 134 | Гарбуль А.А., 127, 129 |
| Андреева О.А., 85 | Гельфрейх Г.Б., 91, 108, 119 |
| Антошков А.А., 127, 129 | Гетлинг А.В., 63 |
| Артамонова И.В., 7 | Гецелев И.В., 26 |
| Архипова Л.Н., 127, 129 | Гнедин Ю.Н., 64, 133 |
| Афанасьев И.М., 133 | Гриб С.А., 92, 93 |
| Бадалян О.Г., 56, 57, 59 | Григорьев В.Б., 127, 129 |
| Балдин С.В., 134 | Григорьева И.Ю., 91 |
| Баранов А.В., 89 | Гроздилов В.М., 136 |
| Баранов Д.Г., 61 | Гусева С.А., 65, 66, 123 |
| Барляева Т.В., 32 | Давыдов В.В., 12 |
| Беневоленская Е.Е., 58 | Дайбог Е.И., 13, 66 |
| Бердюгина С., 81 | Данилкина Е.Б., 34 |
| Биленко И.А., 59 | Делоне А.Б., 67, 68 |
| Бируля Т.А., 76 | Дергачев В.А., 7, 35, 37, 52, 53 |
| Блудова Н.Г., 59 | Дмитриев А.В., 14 |
| Богод В.М., 90, 91, 134 | Дмитриев П.Б., 7, 94 |
| Богомолов А.В., 103, 104 | Елисеева А.В., 29 |
| Борисевич Т.П., 91, 99, 135 | Ерофеев Д.В., 15, 16 |
| Боровик В.Н., 87, 91 | Ефремов В.И., 136 |
| Бруевич Е.А., 60 | Жугжда Ю.Д., 94 |
| Бугаенко О.И., 137 | Зверев Ю.К., 135 |
| Будин В.П., 127, 129 | Зельдович М.А., 66 |
| Буссе Ф.Х., 63 | Золотова Н.В., 38 |
| Вальчук Т.Е., 6 | Зоткин И.А., 133 |
| Вандакуров Ю.В., 61 | Иванов А.И., 127, 129 |
| Васильева В.В., 33 | Иванов В.Г., 17, 46, 47, 50, 69 |
| Вашенюк Э.В., 116 | Иванов Е.В., 68 |
| Веретененко С.В., 7, 8 | Измайлов И.С., 127, 129 |
| Веригин М.И., 9 | Ильин Г.Н., 135 |
| Вернова Е.С., 61 | Иошпа Б.А., 95 |
| | Ихсанов Р.Н., 64, 69, 136 |

Ишков В.Н., 17, 66, 69
 Каримова Л.М., 39
 Каринский В.А., 127, 129
 Картавых Ю.Ю., 37
 Касинский В.В., 96, 97
 Кафтан В.И., 23, 40, 41
 Кацова М.М., 73
 Ким Гун-Дер, 74
 Ким И.С., 74, 137
 Кириллов А.К., 18, 20
 Кириллова Н.Г., 20
 Киричек Е.А., 83, 98, 107
 Колстрем Т., 53
 Комитов Б., 41
 Кононова Н.К., 6
 Коношенко В.П., 127, 129
 Корелов О.А., 78
 Коржавин А.Н., 87, 91, 99, 135
 Котельников В.С., 90
 Котова Г.А., 9
 Крайнев М.Б., 22, 23, 40
 Крамынин А.П., 43
 Криводубский В.Н., 75
 Крусанова Н.Л., 76
 Крюгер А., 87
 Крюкова М.Ю., 76
 Куандыков Е.Б., 34
 Кудела К., 100
 Кудрявцев И.В., 43, 94
 Кузаян К.М., 76
 Кузменко И.В., 43
 Кузнецов А.А., 127, 129
 Кузнецов С.Н., 100, 104
 Кузнецова М.А., 117
 Кулагин Е.С., 101
 Курт В.Г., 100
 Лазарева Л.Ф., 89
 Лазутков В.П., 94
 Лаптухов А.И., 102
 Лебединская М.Л., 133
 Лейко У.М., 77
 Лившиц И.М., 78
 Лившиц М.А., 73, 103, 104
 Лисов И.А., 29
 Логачев Ю.И., 13, 66, 103, 104
 Лозицкая Н.И., 24, 104
 Лозицкий В.Г., 105–107
 Лотова Н.А., 78
 Лукичева М.А., 108
 Макаренко Н.Г., 34, 39, 48
 Макаров В.И., 38, 44, 45, 54, 70–72
 Макарова В.В., 44
 Марков А.В., 127, 129
 Мартынов С.Н., 127, 129
 Масленников В.А., 127, 129
 Матвеев Г.А., 94
 Медарь В.Г., 91
 Мельников В.Е., 127, 129
 Милецкий Е.В., 17, 46, 47, 50, 64
 Мирзоева Л.А., 127, 129
 Миронова И.А., 24
 Михалыев Б.Б., 109, 112
 Мордвинов А.В., 48
 Мосс Д., 81
 Муравьева Е.А., 100
 Мягкова И.Н., 100, 104
 Нагнибеда В.Г., 108
 Наговицын Ю.А., 34, 47, 49, 50, 82, 83, 91, 113, 119
 Наговицына Е.Ю., 113
 Николаев И.И., 127, 129
 Никольская К.И., 79
 Обридко В.Н., 25, 57, 78, 95, 121
 Огурцов М.Г., 51, 53
 Олейников Л.Ш., 127, 129
 Осыка О.Б., 105
 Папушев П.Г., 101
 Парфиненко Л.Д., 136
 Певцов А.А., 85
 Перваков А.А., 134
 Персианцев И.Г., 10
 Петерова Н.Г., 91, 99, 135
 Пипин В.В., 76

Подгорный А.И., 115, 116
 Подгорный И.М., 115, 116
 Подзолко М.В., 26
 Понявин Д.И., 27, 32, 38
 Попов В.В., 76, 137
 Порфирьева Г.А., 67, 68
 Потапович А.В., 135
 Прокудина В.С., 28, 29
 Рагульская М.В., 11, 25
 Распопов О.М., 52, 53
 Ремизов А.П., 9
 Решетняк М.Ю., 80
 Руденчик Е.А., 95
 Рязанов А.Ю., 10
 Савельев В.Ю., 29
 Савушкин А.В., 133
 Савченко М.И., 94
 Салимова Н.А., 106
 Свертилов С.И., 103, 104
 Серпов В.Ю., 30
 Сивяков И.Н., 127, 129
 Симитев Р.Д., 63
 Скородумов Д.В., 94
 Соколов Д.Д., 81
 Соловьев А.А., 82, 83, 91, 98, 107, 117, 119, 133
 Степанова А.С., 30
 Степанян Н.Н., 85
 Струля И.Л., 137
 Тавастшерна К.С., 86
 Тайл П., 8
 Терёхин С.Н., 27
 Тлатов А.Г., 33, 45, 54, 85, 86
 Топчило Н.А., 135
 Тясто М.И., 61
 Усоскин И., 81
 Файнштейн В.Г., 118
 Филиппов Б.П., 78
 Фридман В.М., 29, 120
 Ханков С.И., 127, 129, 131
 Хондырев В.К., 76
 Храмов А.В., 30
 Цанг Х., 121
 Чернетский В.А., 103, 104
 Черников Д.А., 133
 Чумак О.В., 121
 Чупраков С.А., 101
 Шаповалов В.Н., 98
 Шаповалова О.В., 98
 Шаховская А.Н., 122
 Шейнер О.А., 29, 120
 Шрамко А.Д., 65, 66, 123
 Шугай Ю.С., 10
 Юферев А.О., 76
 Юшков Б.Ю., 104
 Яковчук О.С., 10, 14, 62
 Якунина Г.В., 67, 68
 Яснот Л.В., 123
 Callebaut D.K., 38, 44, 45, 70–72
 Eronen M., 51
 Helama S., 39
 Jungner H., 34, 48, 51
 Karugila G.K., 70
 Lindholm M., 51
 Sivaraman K.R., 44, 45
 Tatrallyay M., 9
 Zhang T.-L., 9