

ПРАВИТЕЛЬСТВО САНКТ-ПЕТЕРБУРГА  
КОМИТЕТ ПО НАУКЕ И ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ  
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
ГЛАВНАЯ (ПУЛКОВСКАЯ) АСТРОНОМИЧЕСКАЯ  
ОБСЕРВАТОРИЯ

**СОЛНЕЧНАЯ  
И СОЛНЕЧНО-ЗЕМНАЯ ФИЗИКА — 2014**

*XVIII ВСЕРОССИЙСКАЯ ЕЖЕГОДНАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ*

20 – 24 октября 2014 года

Санкт-Петербург  
2014

Сборник содержит тезисы докладов, представленных на XVIII Всероссийскую ежегодную конференцию с международным участием «Солнечная и солнечно-земная физика — 2014» (20 – 24 октября 2014 года, ГАО РАН, Санкт-Петербург). Конференция проводится Главной (Пулковской) астрономической обсерваторией РАН при поддержке секции «Солнце» Научного совета по астрономии РАН, секции «Плазменные процессы в магнитосферах планет, атмосферах Солнца и звёзд» Научного совета «Солнце-Земля», комитета SCOSTEP (“Scientific Committee on Solar-Terrestrial Physics”) и программы VarSITI (“Variability of the Sun and Its Terrestrial Impact”). Тематика конференции включает в себя широкий круг вопросов по физике солнечной активности и солнечно-земным связям.

ОРГКОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ:

А.В. Степанов (*ГАО РАН, сопредседатель*), В.В. Зайцев (*ИПФ РАН, сопредседатель*), Ю.А. Наговицын (*ГАО РАН, зам. председателя*), В.М. Богод (*САО РАН*), И.С. Веселовский (*НИИЯФ МГУ, ИКИ РАН*), К. Георгиева (*ИКСИ-БАН, Болгария*), В.А. Дергачев (*ФТИ РАН*), Л.Л. Кичатинов (*ИСЗФ СО РАН*) М.А. Лившиц (*ИЗМИРАН*), Н.Г. Макаренко (*ГАО РАН*), В.Н. Обридко (*ИЗМИРАН*), А.А. Соловьёв (*ГАО РАН*), Д.Д. Соколов (*МГУ*), А.Г. Тлатов (*ГАС ГАО РАН*).

Издано по заказу Комитета по науке и высшей школе.

© Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, 2014 год.

**Долговременный отрицательный среднегодовой  
энергетический баланс Земли приведёт к Малому  
ледниковому периоду**

*Абдусаматов Х.И.*

*ГАО РАН, С.-Петербург, e-mail: abduss@gao.spb.ru*

Среднегодовое снижение мощности солнечного излучения с  $\approx 1990$  г. ускоряется, что связано с грядущим наступлением очередного квазидвухвекового глубокого минимума солнечной постоянной. Поэтому практически соответственно уменьшается поглощенная Землей поступающая солнечная энергия. Однако уменьшение поглощенной системой подстилающая поверхность-атмосфера энергии солнечного излучения остается некомпенсированным прежним высоким уровнем энергии собственного теплового длинноволнового излучения в космическое пространство в течение периода времени, определяемого термической инерцией Мирового океана. Это ведет к долговременному отрицательному отклонению среднегодового энергетического баланса Земли от равновесного состояния и к соответствующему изменению энергетического состояния Земли как планеты. В результате, Земля имеет и далее будет иметь отрицательный среднегодовой баланс энергии, что приведет к постепенному понижению температуры и к началу квазивековой эпохи 19-го Малого ледникового периода за последние 7500 лет после максимума 24-го цикла ориентировочно в конце 2014 г. Влияние последовательной цепочки вторичных эффектов обратной связи (последующее увеличение альbedo Бонда и уменьшение концентрации парниковых газов в атмосфере, вызываемые похолоданием) приведет к дополнительному уменьшению поглощаемой доли солнечной энергии и влияния парникового эффекта. Начало квазидвухвекового глубокого минимума солнечной постоянной можно ожидать в  $27 \pm 1$  цикле ориентировочно в  $2043 \pm 11$  г. и начало фазы глубокого похолодания 19-го Малого ледникового периода за последние 7500 лет ориентировочно в  $2060 \pm 11$  г.

**Мониторинг отклонения среднегодового  
энергетического баланса Земли  
от равновесного состояния**

*Абдусаматов Х.И.*

*ГАО РАН, С.-Петербург, e-mail: abduss@gao.spb.ru*

Солнечная постоянная, альbedo Бонда и мощность собственного теплового излучения Земли являются фундаментальными параметрами, определяющими энергетический баланс планеты, и, следовательно, ее глобальный климат. Наиболее надежные исследования долговременных вариаций альbedo Бонда, мощности собственного теплового излучения, некоторых глобальных и локальных свойств поверхности и атмосферы Земли можно провести на основе их высокоточных и достоверных комплексных измерений только с поверхности Луны. Наблюдения Земли будут вестись последовательно с помощью двух одинаковых оптических телескопов СТЛ-300. Телескопы будут установлены вблизи экватора на двух противоположных точках видимой поверхности Луны на небольшом удалении от соответствующего края лунного диска ( $\approx 0^\circ$  широты,  $\approx 81^\circ$  долготы). В фокальной плоскости СТЛ-300 устанавливается одна высокоразрешающая ( $\approx 2048 \times 2048$  пикс) микроболометрическая матрица, чувствительные элементы которой покрыты «золотой чернью». Она измеряет распределение энергетического потока излучения, исходящего от Земли, в направлении входного зрачка телескопа как локально в любом заданном регионе, так и по всему изображению диска Земли в рабочем спектральном диапазоне от 0.2 до 100 мкм и в его различных заданных интервалах с высоким пространственным разрешением. Перед микроболометрической матричным приемником устанавливаются 13 сменных фильтров, размещенных в двух поворотных дисках по 7 штук в каждом, поочередно пропускающие поступающее излучение по заданным спектральным диапазонам. Для локального и глобального зондирования Земли с поверхности Луны (ЗЗЛ) в фокальной плоскости телескопа устанавливаются последовательно вводимые 11 интерференционных фильтров с различными полосами пропускания в спектральном диапазоне 0.2...1 мкм. Получаемые в течение суток изображения Земли позволят осуществить мониторинг состояний поверхности, облачности, растительности, криосферы и пр. всего земного шара.

## Мощность 11-летнего солнечного цикла и ее зависимость от продолжительности цикла

*Абдусаматов Х.И.*

*ГАО РАН, С.-Петербург, e-mail: abduss@gao.spb.ru*

Традиционно используемый максимум уровня как активности, так и солнечной постоянной 11-летнего цикла в качестве характеристики всего цикла без учета его продолжительности не в полной мере отражает его основные физические параметры и суммарные геоэффективные проявления, т.е. относительную энергетическую мощность цикла в целом. Только средневзвешенный уровень как солнечной постоянной, так и активности всего цикла может позволить объективно и количественно определять энергетическую мощность цикла, а также прогнозировать ее влияние на процессы, происходящие в системе Солнце-Земля. Полную физическую характеристику суммарной мощности цикла предлагается определять по средневзвешенной абсолютной величине солнечной постоянной за весь 11-летний цикл. Аналогичным образом следует определять и характеристику суммарной мощности цикла солнечной активности. В результате изучения полученных таким образом мощностей всех 24-х циклов и их продолжительности установлено наличие обратной взаимосвязи между продолжительностью цикла и его мощностью – среднециклическим уровнем индекса солнечной активности. С уменьшением мощности цикла его продолжительность увеличивается и наоборот. Очевидно, что такая же обратная взаимосвязь существует и между продолжительностью цикла солнечной постоянной и его мощностью – среднециклическим уровнем абсолютной величины солнечной постоянной. Обратная взаимосвязь между продолжительностью 11-летнего цикла и его мощностью является следствием влияния квазидвухвекового цикла Солнца [1]. Полученные результаты могут объяснить, почему продолжительности 11-летних солнечных циклов могут являться некоторым возможным индикатором изменения температуры поверхности Северного полушария в течение 130 лет [2].

[1] Абдусаматов Х.И. // Кинематика и физика небесных тел. 2006. Т. 22, с. 183-186.

[2] Friis-Christensen E., Lassen K. // Science. 1991. Vol. 254, pp. 698-700.

**Возможности прогноза вспышечной активности  
по спектрам мощности магнитных полей  
активных областей**

*Абраменко В.И.*

*ГАО РАН, С.-Петербург  
Big Bear Solar Observatory, USA*

Фотосферная плазма находится в состоянии развитой турбулентности. Влияние турбулентности на магнитные поля двояко. С одной стороны, любая концентрация магнитного поля имеет тенденцию рассеиваться за счет турбулентной диффузии. С другой стороны, турбулентные движения концентрируют вертикальные силовые линии в местах конвергенции потока плазмы. В неоднородной нестационарной МГД-турбулентности пространственно-временная структура поля приобретает свойства перемежаемости, а спектр мощности может отклоняться от равновесного колмогоровского спектра с наклоном  $-5/3$ . Мы изучили спектры мощности ряда активных областей (АО) и пришли к следующим выводам. Во-первых, проявляется следующая тенденция: АО с колмогоровским спектром эволюционируют без сильных катастроф-вспышек и обладают довольно простой структурой поля, в то время как АО с крутым спектром проявляют сильную вспышечную активность и обладают сложной структурой поля. Во-вторых, если крутой неколмогоровский спектр наблюдается на стадии всплытия АО, то в последующем данная АО способна к сильным вспышкам. В-третьих, временные колебания показателя спектра значительно заметнее в АО с высоким уровнем активности по сравнению с невспышечными АО. При этом за несколько часов до мощной вспышки часто спектр становится еще круче. Эти результаты свидетельствуют о наличии энергетической и/или информационной связи между фотосферой и хромосферой-короной, а также могут быть использованы как базис для прогноза вспышечной активности на Солнце.

## Возможности средне-долгосрочных прогнозов погоды с учётом солнечно-геомагнитной активности

*Авакян С.В.<sup>1,2,3</sup>, Баранова Л.А.<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> «Всероссийский научный центр «Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова»», С.-Петербург,  
e-mail: avak@soi.spb.ru

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский государственный политехнический университет

<sup>3</sup> Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

<sup>4</sup> Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН

Для прогнозов погодно-климатических изменений (облачности, температуры и осадков) предлагается учитывать факторы солнечной и геомагнитной активности. Вклад этих факторов (ионизирующего излучения Солнца и высыпающихся из радиационных поясов электронов) в современное глобальное потепление выявлен нами ранее на основе анализа трендов изменения глобального облачного покрова и радиационного баланса Земли в последние десятилетия — в период прохождения векового максимума в солнечно-геомагнитной активности. Эволюция этого облачного покрова контролируется, согласно радиооптическому трёхступенчатому триггерному механизму солнечно-магнитосферных — погодно-климатических связей, микроволновым излучением ионосферы, спорадически усиливающимся в периоды солнечных вспышек и мировых магнитных бурь. Такое излучение возникает в спонтанных переходах между уровнями тонкой структуры со сравнительно невысоких (с главными квантовыми числами  $n \sim 10$ ) ридберговских уровней, возбуждаемых во верхнеатмосферных газах ударом энергичных ионосферных электронов — фотоэлектронов и оже-электронов при солнечной вспышке, и вторичных и оже-электронов при корпускулярных высыпаниях во время мировых геомагнитных бурь. Проникая практически свободно в тропосферу, микроволновое (с длинами волн от мм до дм) излучение способствует образованию конденсационно-кластерной дымки, а далее — оптически тонкой облачности, разогревающей приземный воздух.

Предлагаются две возможности учёта «солнечного сигнала» в средне-долгосрочных прогнозах. Первая возможность связана с учётом зарегистрированной квазицикличности появления больших солнечных вспышек и мировых магнитных бурь внутри основного — 11-летнего цикла. Обычно наблюдаются по два-три максимума и вспышек и бурь, так что между ними проходит 2–6 лет. Но и в температуре приземного воздуха и осадках также имеются периоды 2–5.5 лет, что позволяет предложить использовать вспышки и бури для долгосрочных прогнозов облачности,

аномалий температуры и осадков. Вторая возможность связывается с обнаруженной нами корреляции в глобальной распространённости полной и особенно верхней облачности (на месячной шкале) с потоком лучистой энергии Солнца (величиной солнечной постоянной и факельной активности), а также числом солнечных пятен. Поскольку известна статистика по временам жизни этих образований в атмосфере Солнца (от недели до трёх месяцев), то возможно прогнозирование балльности облачности, а по ней и аномалий температуры приземного воздуха на недельно-сезонной шкале.

### **Закономерности отклика глобальной облачности на вариации солнечно-геомагнитной активности**

***Авакян С.В.<sup>1,2</sup>, Воронин Н.А.<sup>1</sup>, Кавтрев С.С.<sup>3</sup>***

<sup>1</sup>*«Всероссийский научный центр “Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова”», С.-Петербург, e-mail: avak@soi.spb.ru*

<sup>2</sup>*Санкт-Петербургский государственный политехнический университет*

<sup>3</sup>*Центральный научно-исследовательский и опытно-конструкторский институт робототехники и технической кибернетики, С.-Петербург, e-mail: s.kavtrev@rtc.ru*

Задачей работы являлось определение корреляционных зависимостей и трендов в глобальном облачном покрове и в содержании паров воды в атмосфере с учётом вековых вариаций уровня солнечно-геомагнитной активности. Показано, что все полученные результаты согласуются с радиооптическим механизмом солнечно-магнитосферных - погодно-климатических связей.

1. В докладе рассмотрены вопросы влияния величины total solar irradiance (TSI) — полного солнечного излучения на облакообразование в глобальном масштабе. Установлена устойчивая положительная реакция как полной, так и высокой облачности) по данным эксперимента ISCCP/CISS/NASA за 1984–2009 гг. на всплески величины TSI при месячных усреднениях. Важно, что именно высокая облачность наиболее хорошо коррелирует с TSI (в 83% случаев), что больше чем для полной облачности (77%). При этом нет значимой корреляции с нижней облачностью и только 50% совпадение в случае средней облачности. Эти результаты подтверждают, что действительно именно верхняя облачность даёт наибольший вклад в корреляцию полной облачности и TSI и это



хорошо согласуется с введённым в ГОИ ранее радиооптическим механизмом солнечно-атмосферных связей. В нём определяющим является вклад ионосферного микроволнового излучения в образование конденсационно-кластерной дымки в тропосфере, развивающейся далее в оптически тонкую, как правило, верхнюю перистую облачность.

2. Сопоставляются данные о характере и величине трендов в полной и верхней облачности, которые: - имеют, в 75% времени измерений, одинаковую направленность; - при этом каждый раз ход этой направленности согласуется с гипотезой о превалирующем влиянии на этапе современного глобального потепления именно вековых вариаций как солнечной, так и геомагнитной активностей.

3. Исследована взаимосвязь распространенности облачности различных ярусов и величины содержания водяных паров в столбе атмосферы (СВП). При сопоставлении вариации полного СВП с нижней облачностью (НО) получено, что хотя в 86% случаев их  $\min$  совпадают, но максимум НО обычно несколько опережает максимум СВП. Ясно, что этот процесс не контролируется прямо воздействием повышенной активности Солнца. Что касается полного СВП и средней облачности (СО), то их величины практически полностью антикоррелируют, т.е. генерация СО в основном идет через кластеризацию паров воды. Для высокой облачности (ВО) корреляция проявляется в 62% случаев, очевидно что и здесь идет кластеризация паров воды. Но в этом случае, по-видимому, существенный вклад дает ионообразование под действием ГКЛ, поскольку скорость такой ионизации достигает существенных значений начиная именно с данной зоны высот.

4. Исследованы результаты сопоставления временных вариаций величин полного (во всём столбе атмосферы) СВП и значений СВП в двух зонах высот 1000–680 mb и 680–310 mb. Обнаружено более чем 92% случаев совпадения, т.е. полная синхронность в вариациях (по наложению максимумов и минимумов) всех трех величин, а также хорошее подобие их трендов. Это важно при оценке результатов сравнительного анализа временного хода СВП на высоте 1600 м (на Тянь-Шане в Киргизии) и измерений в США (Техас). Получен коэффициент корреляции 0.765 этих величин во всём временном интервале синхронных измерений (с 1990 по 2005 год). Это, а также идентичность в явлении антикорреляции между трендами СВП и облачности в Киргизии и Техасе подтверждает глобальность генетической связи водяных паров и облачного покрова, а значит согласуется с идеей о превалирующей роли солнечно-геомагнитной активности в управлении конденсационно-кластерным механизмом облакообразования.

## Отклик атмосферного давления и температуры воздуха на солнечные события в октябре 2003 года

*Авакян С.В.<sup>1,2</sup>, Воронин Н.А.<sup>1</sup>, Никольский Г.А.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>«Всероссийский научный центр “Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова”», С.-Петербург,  
e-mail: avak@soi.spb.ru

<sup>2</sup>Санкт-Петербургского государственного политехнического  
университет

<sup>3</sup>Санкт-Петербургский государственный университет,  
С.-Петербург, e-mail: gnik777@mail.ru

Поиск экспериментальных доказательств вклада solar impact в явления погоды является, по-видимому, основной проблемой солнечно-погодных связей. В докладе поставлена задача выделения эффектов от солнечных вспышек и магнитных бурь в вариациях главных погодных параметров — температуры воздуха  $T$  и атмосферного давления  $P$ . Представлены результаты сопоставления этих величин на высокогорной станции вблизи Кисловодска (на высоте 2100 м) с патрульными данными по мощным эффектам солнечно-геомагнитных возмущений (всплескам потока рентгеновского излучения Солнца и величин  $K_p$  индекса магнитной активности) в один из самых возмущённых космофизических периодов — в октябре 2003 г.

Результаты по давлению полностью соответствуют данным известных измерений на высокогорной станции Юнгфрауйох (3475 м), где солнечная вспышка вызывала уменьшение  $P$ . В нашем случае с учётом только рентгеновских вспышек средней и высокой интенсивности — класса  $M$  (4 (таких вспышек в октябре 2003 г. было 11, из них 4 класса  $X$ ), также получено, что наблюдались в основном спады  $P$  (9 случаев — 82%) и лишь два случая — подъём. Резкие спады  $P$  в конце суток 28 и 29 октября связаны, по-видимому, с вкладом двух мощных событий прибытия к земной поверхности потока солнечных космических лучей (СКЛ): 28 октября в 12-20 UT и 29 октября в 00-03 UT. Они, как известно, подобно солнечным коротковолновым (рентгеновским) вспышкам, увеличивают облачность, что, как правило, приводит к спаду  $P$ .

Рассмотрены все случаи мировых магнитных бурь в октябре 2003 г. с планетарным индексом геомагнитной активности  $K_p$  (5. Магнитная буря в тропосфере также действует, как и вспышка (за счёт усиления возмущения ионосферы под действием высыпавшихся из радиационных поясов электронов), и, соответственно, сопровождается увеличением облачности, причём первоначально преимущественно перистой — разогревающей. Это хорошо проявилось в увеличениях  $T$  в 16 случаях (84%) из 19 событий.

Итак, доказано, что вспышки и магнитные бури прямо проявляются в вариациях метеопараметров T и P на высоте 2100 м. Интерпретация полученных результатов выполнена на основе радиооптического трехступенчатого триггерного механизма в солнечно-погодных связях с ключевой ролью спорадического микроволнового излучения ионосферы.

### **Магнитные параметры протуберанцев**

*Алексеева И.В., Ким И.С.*

*ГАИШ МГУ, Москва, e-mail: [ialexeeva@rambler.ru](mailto:ialexeeva@rambler.ru)*

Представлен ретроспективный статистический анализ измерений наблюдаемых высот и величин продольных магнитных полей в спокойных и активных протуберанцах. Гистограммы по наблюдаемой высоте и продольным магнитным полям выявляют мультимодальный характер распределений. Оценки вероятностей наблюдаемых минимумов (максимумов) позволяют определить высоты и величины магнитных полей, характеризующие стадии устойчивости и пред-эрупции спокойных протуберанцев, формирования и устойчивости волокон активных областей. Приводятся измерения продольных магнитных полей в выбросе. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта No 14-02-01225.

**Распространение нелинейных медленных  
магнитозвуковых волн в корональных  
плазменных структурах**

***Афанасьев А.Н.<sup>1</sup>, Накаряков В.М.<sup>2,3</sup>***

<sup>1</sup>*Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск,  
e-mail: afa@iszf.irk.ru*

<sup>2</sup>*University of Warwick, Coventry, UK,  
e-mail: V.Nakariakov@warwick.ac.uk*

<sup>3</sup>*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,  
С.-Петербург*

Наблюдаемые в плазменных структурах солнечной короны распространяющиеся продольные волны интерпретируются в рамках медленной магнитозвуковой (ММЗ) моды. Использование ММЗ волн в задачах корональной сейсмологии, оценка их вклада в нагрев короны, а также выяснение роли таких волн в ускорение солнечного ветра требует построения детальной теоретической модели для описания их распространения и эволюции. Между тем, часто ММЗ возмущения в корональных плазменных структурах описывают как обычные звуковые волны. В работе рассматриваются эффекты, привносимые магнитной природой ММЗ волн, а также волноводными свойствами плазменных структур.

Анализ распространения слабонелинейных ММЗ возмущений проводится для цилиндрически симметричных магнито-плазменных трубок. Используется приближение тонкой магнитной трубки без учета дисперсии. Трубка считается заполненной однородной изотермической плазмой. В плазме принимается во внимание вязкая диссипация. В работе получено уравнение типа Бюргерса для трубочной моды, описывающее нелинейную эволюцию волн в магнитной трубке и, в частности, формирование ударных волн. Анализ уравнения показывает, что деформация профиля трубочной (магнитозвуковой) волны происходит медленнее, чем в случае обычных звуковых волн, что приводит к задержке в образовании ударных волн. С другой стороны, затухание волн возрастает. Оба эффекта существенны в случаях, когда отношение скорости звука в плазме к альфвеновской скорости порядка единицы или превышает ее.

## Методы Scale-Space для тестирования палеореконструкций

*Бабеева О.В.<sup>1,2</sup>, Макаренко Н.Г.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> ГАО РАН

<sup>2</sup> СПбГУ

Масштабируемое пространство (Scale-Space) получается в 1D применением к временному ряду операции последовательной свертки с гауссовским фильтром. Полугрупповое свойство свертки позволяет заменить рекуррентное сглаживание с фиксированным ядром, на сглаживание с ядром переменной ширины (дисперсии). Процедура сглаживания порождает семейство кривых, параметризованное шириной ядра или порядком сглаживания. При этом максимумы и минимумы сливаются и аннигилируют. Персистентными оказываются точки перегиба, где обращается в нуль вторая производная. Дерево, построенное на образах каждой такой точки приводит к графу, характеризующему график временного ряда. Полагая, что максимумы и минимумы более чувствительны к ошибкам реконструкций, мы сравниваем графы инструментальных участков ряда с графами реконструкций.

## Солнечные космические лучи в магнитосфере Земли в период 2002–2004 годы

*Баранов Д.Г.<sup>1</sup>, Гагарин Ю.Ф.<sup>1</sup>, Дергачев В.А.<sup>1</sup>,  
Ныммик Р.А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> ФТИ им. А.Ф. Иоффе, С.-Петербург, e-mail: d.baranov@bk.ru

<sup>2</sup> НИИЯФ МГУ, Москва, e-mail: nymmik@srd.sinp.msu.ru

Изучение зарядового состава и интегральных спектров тяжелых ядер космических лучей внутри магнитосферы Земли проведено по данным эксперимента ПЛАТАН-М. ПЛАТАН-М (ПЛАстиковый Трековый Анализатор), представляющий собой камеру, состоящую из слоев твердотельного трекового детектора (лавсана), экспонировался на наружной поверхности Международной космической станции (МКС) в 2002 - 2004 гг. В задачи эксперимента входило измерение потоков тяжелых ядер солнечного и галактического происхождения и изучение их энергетических спектров. В частности, был измерен интегральный спектр (флюенс) частиц железа космических лучей в диапазоне энергий 30–160 МэВ/нуклон. Определяющий вклад в интегральный поток частиц за все время экспозиции прибора

ПЛАТАН-М дала серия событий солнечных космических лучей в октябрь-ноябре 2003 г., связанных с крупными хромосферными вспышками.

Проведено сравнение спектра ядер железа, измеренного на борту МКС камерой ПЛАТАН-М с данными, полученными космическим аппаратом АСЕ в межпланетном пространстве. Пересчет внемагнитосферного спектра на орбиту МКС выполнен при помощи модели проникновения заряженных частиц внутрь магнитосферы Земли (НИИЯФ МГУ). Хорошее согласие данных экспериментов ПЛАТАН-М (орбита МКС) и прибора SIS (космический аппарат АСЕ, межпланетное пространство) показывает, что модель удовлетворительно описывает процесс проникновения частиц КЛ на околоземную орбиту.

Энергетический спектр, измеренный в эксперименте ПЛАТАН-М, получен с энергетическим разрешением в три раза лучше по сравнению с прибором SIS. Показано, что в аппаратуре SIS на станции АСЕ наблюдался ложный эффект в одном из каналов при средней энергии 94 МэВ/нуклон при измерении спектра мощной серии вспышек в октябрь-ноябре 2003 г.

### **Шпицберген – полигон для изучения психических феноменов космической погоды**

*Белшьева Н.К.*

*Кольский научный центр РАН, г. Апатиты Мурманской обл,  
e-mail: natalybelisheva@mail.ru*

Архипелаг Шпицберген находится в области каспа — своеобразной воронке на дневной стороне магнитосферы, куда, при определенных условиях, может прорываться мощными плазменными струями солнечный ветер (СВ) [8]. Беспрепятственное вторжение солнечных частиц в области каспа приводит к множественным геофизическим явлениям, отражающимся в структурно-энергетических характеристиках вариаций геомагнитного поля (ГМП). В спокойный период в области полярного дневного каспа постоянно регистрируются потоки электронов с энергией 100–200 эВ и плотностью частиц  $10^{-2} - 10^{-3} \text{ см}^{-2}$ , которые проникают в магнитосферу из СВ и распространяются вплоть до высот порядка 1000 км. Потоки этих частиц генерируют очень низкочастотный шум (ОНЧ) в широком диапазоне частот [6]. Взаимодействие СВ с магнитосферой Земли порождает и геомагнитные пульсации (ГП), частота колебаний которых лежит в диапазоне низкочастотных биологических ритмов [5]. Верхняя частота ГП пульсаций определяется гирочастотой протонов в магнитосфере, на земной поверхности это соответствует частотному диапазону порядка 3-5

Гц, которому соответствуют диапазоны дельта- и тета- ритмов мозга человека. К дневным пульсациям, относятся также широкополосные иррегулярные пульсации диапазона Pc5 ( $f \sim 1.5-5.0$  мГц) с амплитудой порядка 15–60 нТл, ipcl [4, 7]. Частота таких пульсаций соответствует сверхмедленным ритмам мозга [1]. Эти колебания носят устойчивый характер и продолжают в зависимости от уровня геомагнитной возмущенности от 2-х до 10-ти часов. Длиннопериодные квазипериодические магнитные возмущения с периодами 15–40 мин и амплитудой порядка 60–400 нТл, названные vlp (very long period) возникают при высокой магнитной активности, большой скорости солнечного ветра и отрицательных  $V_z$  межпланетного магнитного поля (ММП) на земной поверхности в дневном секторе. В вечернее и ночное время возможно появление импульсных всплесков геомагнитных пульсаций диапазона Pi2–Pi3, а в дневном секторе появление квазимонохроматических шумовых колебаний в диапазоне Pc3–4. Часть из наблюдаемых колебаний может быть результатом прямого проникновения гидромагнитных волн из СВ. Широтной особенностью обладают и устойчивые геомагнитные пульсации типа Pc2-Pc5, амплитуда которых растет с широтой. В наших работах была выявлена связь между вариациями ГМП и функциональной активностью мозга [2], а также частотой психических расстройств у жителей российских поселков на Шпицбергене [3]. В связи со стратегией развития Арктического региона до 2020 г, оценка последствий воздействия высокоширотных геофизических агентов на психическое состояние жителей Арктического региона представляет актуальную задачу. Местоположение Шпицбергена дает уникальные возможности для изучения психических феноменов космической погоды.

- [1] Аладжалова Н.А. Психофизиологические аспекты сверхмедленной ритмической активности головного мозга. М. -1979.
- [2] Белишева Н.К. и др. Качественная и количественная оценка воздействия вариаций геомагнитного поля на функциональное состояние мозга человека // Биофизика. - 1995. - Вып.5. - С.1005-1012.
- [3] Белишева Н.К. и др. Медико-биологические исследования на Шпицбергене как действенный подход для изучения биоэффективности космической погоды // Вестник КНЦ.- 2010.-№1.-С.26-33.
- [4] Большакова О.В. и др. Длиннопериодные геомагнитные пульсации в высокоширотных магнитосопреженных областях //Геомагнетизм и аэрномия. – 1986. - Т.26. - №1. - С. 160–162.
- [5] Владимирский Б.М. и др. Космические ритмы: в магнитосфере, атмосфере, в среде обитания, в биосфере, ноосфере, земной коре. Под ред. проф. С.Э.Шноля. Симферополь. - 1994. - 173 с.2.

- [6] Голиков Ю.В. и др. О природе электромагнитного излучения низкой частоты в полярной шапке // Письма в ЖЭТФ. – 1975. - Т.22. - вып. 1. - С.3-7); 3.
- [7] Клейменова Н.Г., Большакова О.В., Троицкая В.А., Фриис-Кристенсен Е. Два типа длиннопериодных геомагнитных пульсаций вблизи экваториальной границы дневного полярного каспа // Геомагнетизм и аэрономия. - 1985. - Т. 25.- №1.- С. 163–165.
- [8] Савин С. П.. Магнитный щит Земли: плазменные бреши. <http://www.kosmofizika.ru/popular/savin.htm>

### **Нелинейное резонансное возбуждение радиальных колебаний в корональных петлях**

*Михалыев Б.Б., Бембитов Д.Б.*

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

Ранее было показано, что наблюдающиеся в радио- и жестком рентгеновском диапазонах пульсации вспышечных корональных петель с периодами колебаний около минуты и выше могут быть объяснены радиальными модами корональных магнитных трубок [1]. При этом можно пользоваться общепринятыми представлениями о физических свойствах корональных петель.

В развитие этой темы рассматривается возможность генерации радиальных мод нелинейным резонансным взаимодействием торсионных колебаний из того же интервала значений периода, существование которых подтверждается многочисленными наблюдениями последних лет [2]. Показано, что время возбуждения радиальной моды сравнимо с периодами взаимодействующих торсионных мод, что указывает на высокую вероятность реализации подобного механизма в условиях солнечной атмосферы. Механизм резонансного возбуждения может быть использован также для объяснения пульсаций мягкого рентгеновского излучения спокойных корональных петель активных областей. Иными словами, появляется возможность с единых позиций объяснить пульсации корональных петель, наблюдаемых в различных волновых диапазонах.

Работа выполнена в рамках проекта РФФИ №14-02-00676.

- [1] Khongorova O.V., Mikhalyaev B.B., Ruderman M.S. // Solar Phys., 2012, v. 280, p. 153.
- [2] Mikhalyaev B.B., Bembitov D.B. // Solar Phys., 2014, v. 289, p. 4069.



**Нелокальные и нелинейные волновые процессы  
в плазме солнечной короны**

***Веселовский И.С.<sup>1,2</sup>, Михалев Б.Б.<sup>3</sup>, Бембитов Д.Б.<sup>3</sup>***

<sup>1</sup>*Научно-исследовательский институт ядерной физики, МГУ,  
e-mail: veselov@dec1.sinp.msu.ru,*

<sup>2</sup>*Институт космической физики РАН, Москва,*

<sup>3</sup>*Калмыцкий государственный университет, Элиста,  
e-mail: btmikh@mail.ru*

В докладе представлены обзор литературы и некоторые новые результаты, полученные при выполнении проектов РФФИ 13-02-00461 и 14-02-00676. Особое внимание уделяется ситуации в корональных петлях и источниках солнечного ветра, где имеет место тесное взаимодействие волновых и конвективных возмущений, которые не могут быть однозначно отделены друг от друга в силу их нелинейности, что вызывает большие затруднения при их теоретическом описании и интерпретации имеющихся наблюдений. Сформулированы принципы объективной классификации, лишенные субъективных элементов и номенклатуры линейных модальных разложений, которые, как правило, мало пригодны в данном случае и до сих пор вызывают многочисленные противоречия в литературе. Отмечается большое разнообразие неисследованных предельных и промежуточных случаев, связанных с физическим различием соотношений между основными параметрами плазмы и полей при безразмерном масштабном анализе локальных и нелокальных магнитогидродинамических, кинетических и радиационных условий. На этой основе предлагаются новая интерпретация имеющихся данных и упрощенные модели динамических процессов в корональных петлях и источниках солнечного ветра.

**«Импульсная» природа цикла солнечной активности 24**

***Беневоленская Е.Е., Полявин Ю.Д.***

*Главная астрономическая обсерватория РАН, Санкт-Петербург,  
e-mail: benevolenskayae@mail.ru*

Солнечный цикл 24 характеризуется относительно невысокой запятённостью и следовательно, низкой интенсивностью, что соответствует прогнозу о невысоком цикле [1]. Тем не менее текущий цикл солнечной активности отличается от предполагаемых сценариев его развития. Так, в данном цикле, второй максимум выше первого, и в числе, и в площадях пятен.

В данной работе мы представляем результаты детального исследования поведения солнечного цикла 24 с мая 2010 по август 2014 в фотосфере, хромосфере и короне используя данные космического аппарата «Solar Dynamics Observatory (SDO)». Для данного исследования были использованы магнитные данные Helioseismic & Magnetic Imager (HMI) в виде компоненты магнитного поля по-лучу-зрения (временное разрешение 720 секунд) и изображения в крайнем ультрафиолете (171A, 193A, 211A, 304A и 335A (SDO/AIA)).

Мы анализируем роль всплывающего магнитного потока в формировании корональных структур и возможность генерации такого потока в конвективной области Солнца, а также, сценарий развития текущего цикла солнечной активности.

- [1] Svalgaard, L. Cliver, E. W., and Kamide, Y. // *Astrophys. J., ASP Conf. Ser.*, 2005, vol. 346, p. 401.

### **Корональные выбросы массы и радиовсплески II типа в 23–24 циклах солнечной активности**

*Биленко И.А.*

*Московский государственный университет, Астрономический институт им. П.К. Штернберга, Москва, e-mail: bilenko@sa1.msu.ru*

Корональные выбросы массы являются одним из самых ярких проявлений солнечной активности и одним из основных факторов играющих важнейшую роль в формировании космической погоды на орбите Земли. Как показывают наблюдения, значительная часть корональных выбросов сопровождаются радиовсплесками II типа.

Согласно современным представлениям, радиовсплески II типа генерируются МГД ударными волнами, распространяющимися в солнечной короне и межпланетной среде. Собственно радиоизлучение является финальной стадией в последовательности различных физических процессов, таких как формирование ударной волны, связанной с корональным выбросом массы, ускорение частиц, генерация плазменных волн с последующим преобразованием плазменных волн в электромагнитные волны. Однако, далеко не все, даже самые мощные, корональные выбросы массы сопровождаются радиовсплесками II типа.

Проведено сравнение параметров корональных выбросов массы сопровождающихся радиовсплесками II типа и не сопровождающимися радиовсплесками. Проведена оценка влияния параметров плазмы солнечной атмосферы на формирование корональных выбросов массы, сопровождающихся и не сопровождающихся радиовсплесками II типа. Рассмотрено влияние локальных магнитных полей активных областей и эволюционных изменений глобального магнитного поля на изменение параметров и частотности корональных выбросов массы в 23–24 циклах солнечной активности и проанализированы их связи с радиовсплесками II типа.

### **Изменения приземных характеристик атмосферы при форбуш-понижениях потока космических лучей**

*Богданов М.Б.*

*Саратовский государственный университет  
им. Н.Г. Чернышевского e-mail: BogdanovMB@info.sgu.ru*

Одним из возможных путей влияния солнечной активности на тропосферные процессы является модуляция потока галактических космических лучей (ГКЛ). Для выяснения конкретных механизмов такого влияния многими авторами изучалась реакция атмосферы на резкие уменьшения потока ГКЛ в ходе форбуш-понижений.

Мы проанализировали ряды среднесуточных значений приземной температуры воздуха и атмосферного давления, рассчитанные по данным наблюдений на метеостанциях 06260 Дебилт с 1.01.1901 г. по 31.12.2010 г. и 06770 Лугано с 1.01.1901 г. по 31.12.2004 г. Из рядов были исключены линейные тренды и сезонные изменения, путем вычитания синусоиды с периодом тропического года и его первой гармоники. Параметры трендов, амплитуды и начальные фазы синусоид оценивались методом наименьших квадратов.

Использовались ежедневные измерения потока ГКЛ на станции Юнгфрауйох за период с 1.01.1968 г. по 31.12.1992 г. Устранение нестационарности ряда проводилось путем вычитания из значений потока скользящего среднего за интервал 200 суток. Было рассмотрено 22 сильных форбуш-понижения, при которых изменение потока превышало 7% от среднего значения. Использовался метод наложения эпох с вычислением средних значений разности давления  $\Delta p$  и температуры  $\Delta T$  в рассматриваемый и реперный моменты.

В обоих пунктах форбуш-понижения ГКЛ приводят к росту атмосферного давления. Для станции Дебилт  $\Delta p$  увеличивается приблизительно до 6 гПа на пятый день после минимума потока ГКЛ, а для Лугано —

до 4 гПа на шестой день. Эффект является статистически значимым на уровне, превышающем  $2\sigma$ . В Лугано рост давления сопровождается увеличением температуры около 1 К на уровне  $2\sigma$ , в то время как в Дебилте ее значимых изменений не наблюдается.

Работа выполнялась при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках базовой части (код проекта 2179).

### **Оценка частотной характеристики реакции приземного давления атмосферы на изменение потока космических лучей**

*Богданов М.Б.*

*Саратовский государственный университет  
и.м. Н.Г. Чернышевского e-mail: BogdanovMB@info.sgu.ru*

Вопрос о конкретных механизмах воздействия галактических космических лучей (ГКЛ) на атмосферу все еще остается открытым. Одним из возможных путей их идентификации является использование информации о скорости реакции выбранной характеристики атмосферы на изменение потока ГКЛ.

Нами проведено сопоставление рядов среднесуточных значений приземного давления атмосферы для метеостанций 06260 Дебилт и 06770 Лугано с вычтенными линейными трендами и сезонными гармониками и ряда потока ГКЛ на станции Юнгфрауйох с вычтенным скользящим средним за 200 сут. В отличие от часто применяемого метода наложения эпох, цифровой спектральный анализ этих рядов позволяет использовать все суточные отсчеты данных почти за 24 года и показывает, что между рядами ГКЛ и давления существует отличная от нуля когерентность практически во всем диапазоне частот, начиная от  $0.02 d^{-1}$  и вплоть до частоты Найквиста  $0.5 d^{-1}$ .

Рассматривая атмосферу как линейную динамическую систему, выходным сигналом которой является изменение давления, мы применили для оценки ее частотной характеристики метод зондирующего сигнала, в качестве которого использован ряд изменения потока ГКЛ. При этом на вход системы могут поступать и другие сигналы, а на выход накладываться случайный шум, которые предполагаются статистически независимыми от зондирующего сигнала. Частотная характеристика системы находится как отношение взаимного спектра рядов ГКЛ и давления к спектру мощности ряда ГКЛ.

Полученные амплитудно-частотные характеристики реакции давления для обеих станций качественно согласуются друг с другом и свидетельствуют о том, что реакция атмосферы может быть описана системой второго порядка, имеющей широкий резонанс с максимумом на частоте около  $0.15 d^{-1}$ .

Работа выполнялась при финансовой поддержке Минобрнауки России в рамках базовой части (код проекта 2179).

### **О возможности радиоизмерений магнитного поля в холодных слоях пятен**

***Богод В.М.<sup>1</sup>, Петерова Н.Г.<sup>1</sup>, Топчило Н.А.<sup>2</sup>***

<sup>1</sup>*СПбФ САО РАН, С.-Петербург*

<sup>2</sup>*СПб ГУ, С.-Петербург*

Микроволновые спектрально-поляризационные наблюдения часто указывают о наличии излучения пониженной яркости в области сильного магнитного поля солнечных пятен. Подробные исследования этого эффекта на радиотелескопе РАТАН-600 с высоким спектральным разрешением 1% позволили установить, что это явление наблюдается в ограниченном диапазоне длин волн (1.7–3.0) см. [1] и происходит в излучении обыкновенной моды (o-), тогда как в необыкновенной моде (e-) источник излучения над пятном всегда остается ярче окружающего фона. На основе детальных спектров излучения для (o-) и (e-) мод измерены величины магнитных полей над пятнами, при которых область генерации излучения как необыкновенной, так и обыкновенной волн проникает в область корональных температур. Независимости измерений для обеих мод отражает высотную структуру распределения магнитного поля в пятне. Особая значимость независимых наблюдений в o- моде излучения определяется тем, что вследствие меньшего коэффициента поглощения в этой моде удастся проникнуть в более глубокие слои атмосферы Солнца над пятном.

- [1] Богод В.М., Петерова Н.Г., Рябов Б.И., Топчило Н.А. О регистрации пониженной яркости в области сильного магнитного поля солнечных пятен, *Космические исследования*, 2014 (в печати).

**Динамика микроволновых источников над нейтральной линией и магнитографических параметров солнечных пятен как прогностический фактор больших вспышек**

*Абрамов-Максимов В.Е.<sup>1</sup>, Боровик В.Н.<sup>1</sup>, Опейкина Л.В.<sup>2</sup>,  
Глатов А.Г.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> ГАО РАН, С.-Петербург, e-mail: beam@gao.spb.ru, vnborovik@mail.ru

<sup>2</sup> САО РАН, Нижний Архыз, e-mail: lvo@sao.ru

Представлено исследование эволюции микроволнового излучения и структуры магнитного поля семи активных областей (АО) на Солнце, в которых произошли вспышки класса X, наблюдавшихся в 2011–2014 гг. Основное внимание уделено предвспышечной фазе развития АО (несколько дней перед вспышкой), чтобы выявить особенности микроволнового излучения и характеристик магнитного поля, свидетельствующих о подготовке вспышки. Для сравнения рассмотрена развитая АО, в которой не было сильных вспышек. Используются регулярные наблюдения, выполненные на радиотелескопе РАТАН–600 в диапазоне 1.6–8 см и на космической обсерватории SDO. Показано, что, как и в исследованных ранее на РАТАН–600 эруптивных событиях, за 1–2 дня до сильной вспышки в структуре микроволнового излучения активной области регистрировалось развитие источника над нейтральной линией фотосферного магнитного поля над областью максимального сближения полей противоположного знака. Положение этого источника совпадает с положением вспышки и положением максимального градиента магнитного поля. В рассмотренной АО, в которой не было вспышек класса X, подобный источник зарегистрирован не был. Возможно, развитие такого источника отражает накопление энергии перед вспышкой и может использоваться как прогностический фактор.

**Геомагнитные возмущения 24 цикла и их источники в солнечном ветре — статистика и фрактальный анализ**

*Вальчук Т.Е.*

*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН, Москва, e-mail: valchuk@izmiran.ru*

Развитие 24 цикла солнечной активности (СА) подтверждает предположения о невысоком уровне чисел Вольфа в максимуме в традиционной системе оценки 11-летней цикличности. Необычность текущего цикла ранее предопределил затяжной период фазы минимума 23 цикла, длившийся в течение 4-х лет. Это радикальное отличие от продолжительности

минимумов 17–22 циклов говорит о необычности наступившего 24 цикла, который в в фазе максимального развития проявился двумя максимальными всплесками ( $W 100$ ) чисел Вольфа: первым в ноябре 2011 г., когда  $W < 100$  на несколько единиц, и вторым в феврале текущего 2014 г., когда  $W$  чуть больше 100 ед. по оценке NOAA/Space Weather Prediction Center. В 2012–2013 гг. промежуточные максимумы  $W$  существенно ниже. Нарастание СА цикле прежде всего оценивается нарастанием спорадических событий вспышечной активности, которые сопровождаются протонными событиями, выбросами корональной массы и волокон. Период глубокого минимума, наступившего во второй половине 2008 и первой половине 2009 года, завершился ощутимым ростом солнечной активности только в 2010 году.

Спорадические проявления СА вызывают геомагнитные бури, их протекание по данным обсерватории Москва было исследовано для сопоставления с характеристиками спорадических потоков и их источников на Солнце. Прямой связи этих явлений нет, поскольку геомагнитное возмущение осуществляется наиболее полно при наступлении спорадического события на Солнце в геоэффективной зоне центральной части солнечного диска. Начало 24 цикла характерно небольшим количеством таких событий, поэтому каждое из них привлекает большое внимание и подвергается тщательному анализу. В авторском препринте (ИЗМИРАН, 2014 г.) рассмотрены все геомагнитные бури текущего 24 цикла СА, они классифицированы по уровню глобальных геомагнитных и авроральных проявлений и исследованы с точки зрения их источников на Солнце. Мощных событий геомагнитной возмущенности не отмечено, максимальный уровень геомагнитной активности в бурях не превосходил G3. Проводя оценку имевшихся спорадических явлений, для конкретного тщательно исследования был выбран возмущенный период начала марта 2012 года, связанный с прохождением по диску активной области (АО) 11429, входящей в комплекс активных областей, обеспечивший последовательность рентгеновских вспышек и вспышечных потоков солнечного ветра, нашедших проявление в каскаде магнитных бурь с 7 марта по 15 марта 2012 года. Этот возмущенный период был разделен условно на три сценария в зависимости от качества спорадических событий. Однозначная связь геомагнитных возмущений с источниками на Солнце является основой трактовки магнитосферных проявлений.

Фрактальный анализ плазменных данных КА Wind, осуществленный по ранее разработанной [1] методике, с вариациями расчетных параметров для этого конкретного периода марта 2012 года, подтвердил ранее высказанные в [2] предположения, что для фазы минимума фрактальный анализ дает легко интерпретируемые результаты в виде оценки фрактальной размерности параметров плазмы в силу более крупномасштабных пото-

ков коронально-дырового генезиса, а также отчетливой смены секторной структуры. В отличие от этого, возмущения спорадического характера выявляются в резких изменениях фрактальной размерности, стремительных экскурсах, что говорит о стохастичности вспышечных потоков. Их структуризация несет отпечаток вспышечных событий, которые обеспечивают магнитосферную возмущенность. Тем не менее, фрактальность среды сохраняется, поскольку величина фрактальной размерности  $D < 2$ .

- [1] Вальчук Т.Е., Могилевский Э.И. // Геомагнетизм и аэрономия, 2009,5, v 49, p. 579.
- [2] Val'chuk T.E. // Proceedings of the 8-th International Conference "Problems of Geocosmos", SPb, Ed. V.S. Semenov, 2010, p. 258.

**«Изотопные следы» гамма- и протонных событий  
и аномальный сигнал в радиоуглероде в 775 г.н.э.**

***Павлов А.К.<sup>1</sup>, Блинов А.В.<sup>2</sup>, Васильев Г.И.<sup>1</sup>,  
Вдовина М.А.<sup>1</sup>, Константинов А.Н.<sup>2</sup>, Остряков В.М.<sup>2</sup>***

<sup>1</sup> *Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе,  
Санкт-Петербург, e-mail: vdovina@mail.ru*

<sup>2</sup> *Санкт-Петербургский Государственный Политехнический  
Университет, e-mail: petrov@mail.ru*

В атмосфере Земли непрерывно происходит генерация космогенных радионуклидов в ядерных реакциях под действием космических лучей (КЛ) и высокоэнергичного гамма-излучения. По измерениям вариаций содержания  $^{14}\text{C}$ ,  $^{10}\text{Be}$  и  $^{36}\text{Cl}$  в природных архивах более полувека ведутся исследования астрофизических явлений, происходивших в прошлые эпохи (см. работу [3]). За этот период была надёжно установлена корреляция концентрации  $^{14}\text{C}$  в кольцах деревьев и  $^{10}\text{Be}$  в полярных льдах с циклическими долговременными изменениями интенсивности КЛ, вызываемыми вариациями солнечной активности и геомагнитного поля [1]. Астрофизические события наподобие гамма всплесков и солнечных вспышек способны увеличить на несколько порядков скорость генерации космогенных радионуклидов в атмосфере, что может привести к резкому кратковременному повышению концентрации космогенных радионуклидов на короткой временной шкале (1–10). Последующая фиксация изотопов в природных архивах формирует «изотопный след» события со специфическим поведением амплитудных и временных вариаций концентрации. Однако поиски



следов таких событий в экспериментальных данных до последнего времени не приводили к надёжным результатам.

Отличие изотопных следов для разных типов событий определяется, в первую очередь, особенностями ядерных реакций, протекающих в атмосфере под воздействием протонов и высокоэнергичных гамма-квантов, а так же их энергетическими спектрами [5].

Впервые аномальное импульсное повышение концентрации радиоуглерода, измеренное в кольцах деревьев, соответствующих возрасту 774–775 г.н.э., было описано в работе [4]. Это открытие положило начало широкой дискуссии о возможной природе данного необычного события. В настоящее время обсуждаются только две гипотезы — сверхмощная солнечная вспышка с «жестким» спектром протонов, в десятки раз превышающая по мощности вспышку 23 февраля 1956 г. [7], и галактический гамма-всплеск, ГГВ [2, 5, 6]. До сих пор не проводилось детального сравнения изотопных следов от различных событий с учетом механизмов образования космогенных изотопов в атмосфере Земли и последующих за этим геофизических процессов их переноса и перераспределения. В данной работе представлены результаты детального моделирования сигнала, вызываемого мощными солнечными вспышками, в земных архивах. Результаты моделирования были применены к анализу возможных причин события 774–775 г.н.э. в сравнении с проведенным нами ранее расчетом последствий от ГГВ [6].

- [1] Beer J., McCracken K., and von Steiger R. // *Cosmogenic Radionuclides, Physics of Earth and Space Environments Series*, 2012, Springer, Heidelberg, Dordrecht, London, New York.
- [2] Hambaryan V.V. and Neuhauser R. // *MNRAS*, 2013, v. 430, p. 32.
- [3] Lal D. and Peters B. // *Handbuch der Physik*, 1967, 46/2, p. 551.
- [4] Miyake F., Nagaya K., Masuda K., Nakamura T. // *Nature*, 2012, v. 486, p. 240, doi:10.1038/nature11123.
- [5] Павлов А.К. и др. // *ПАЖ*, 2013, 39, 9, 643 (2013a).
- [6] Pavlov A.K., Blinov A.V., Konstantinov A.N., Ostryakov V.M., Vasilyev G.I., Vdovina M.A. and Volkov P.A. // *MNRAS*, 2013, 435, 4, 2878 (2013b).
- [7] Usoskin I.G., Kromer B., Ludlow F., Beer J., Friedrich M., Kovaltsov G.A., Solanki S.K. and Wacker L. // *A&A*, 2013, 552, L3.

**Нарушение корреляции между аномалиями нижней облачности и потоками галактических космических лучей и его возможные причины**

***Веретененко С.В.<sup>1,2</sup>, Огурцов М.Г.<sup>1,3</sup>***

<sup>1</sup> *ФТИ РАН им. А.Ф. Иоффе, С.-Петербург*

<sup>2</sup> *СПбГУ, С.-Петербург, e-mail: s.veretenenko@mail.ioffe.ru*

<sup>3</sup> *ГАО РАН, Пулково, С.-Петербург,  
e-mail: maxim.ogurtsov@mail.ioffe.ru*

В работе рассматриваются возможные причины нарушения корреляции между аномалиями нижней облачности (ЛСА) и потоками галактических космических лучей (ГКЛ), имевшего место в начале 2000-х годов. Показано, что корреляционные связи между состоянием облачности в умеренных широтах и вариациями потоков ГКЛ, наблюдаемые в масштабе 11-летнего цикла, обусловлены влиянием ГКЛ на развитие внутритропических барических систем (циклонов и антициклонов), формирующих поле облачности. Положительная корреляция между аномалиями нижней облачности и вариациями ГКЛ в период 1983–2000 гг. [1] является следствием усиления внутритропического циклогенеза при увеличении потока ГКЛ, которое наблюдается в периоды сильного циркумполярного вихря [2]. Нарушение положительной корреляции LSA-GCR после 2000 года может быть связано с изменением состояния вихря, которое привело к обращению знака эффектов ГКЛ в эволюции внутритропических барических образований. Результаты исследования свидетельствуют о важной роли стратосферного циркумполярного вихря в механизме солнечно-атмосферных связей.

Работа выполнена при финансовой поддержке Президиума РАН (проект №22) и РФФИ (грант №13-02-00783).

[1] Marsh N., Svensmark H. // Phys. Rev. Lett., 2000, v. 85, p. 5004.

[2] Veretenenko S., Ogurtsov M. // J. Phys.: Conf. Ser., 2013, 409 012238.

**О возможном влиянии авроральной активности на  
интенсивность стратосферного циркумполярного вихря**

**Веретененко С.В.<sup>1,2</sup>, Огурцов М.Г.<sup>1,3</sup>**

<sup>1</sup> ФТИ РАН им. А.Ф. Иоффе, С.-Петербург

<sup>2</sup> СПбГУ, С.-Петербург, e-mail: s.veretenenko@mail.ioffe.ru

<sup>3</sup> ГАО РАН, Пулково, С.-Петербург,  
e-mail: maxim.ogurtsov@mail.ioffe.ru

Исследована связь между интенсивностью циркумполярного вихря (ЦПВ), формирующегося в полярной стратосфере, и авроральной активностью, характеризуемой геомагнитными АЕ-индексами и потоками авроральных электронов с энергиями 30–300 кэВ. Обнаружена тенденция к 60-летней периодичности в вариациях АЕ-индексов, наиболее четко выраженная в зимние месяцы. Повышенная авроральная активность наблюдалась в период с 1970-х по начало 2000-х годов. Аналогичная тенденция к 60-летней периодичности была выявлена во временном ходе коэффициентов корреляции между интенсивностью ЦПВ и АЕ-индексами, при этом усиление вихря имело место в период повышенной авроральной активности. Обнаружены изменения знака корреляции между интенсивностью вихря и АЕ-индексами в начале 1970-х и 2000-х годов. Полученные результаты предполагают возможное влияние авроральных явлений на состояние циркумполярного вихря, которое в свою очередь определяет характер крупномасштабной циркуляции тропосферы.

Работа выполнена при финансовой поддержке Президиума РАН (проект №22) и РФФИ (грант №13-02-00783).

## Широтно-временные характеристики фотосферного магнитного поля Солнца

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

<sup>1</sup>СПбФ ИЗМИРАН, С.-Петербург, e-mail: [helena@ev13934.spb.edu](mailto:helena@ev13934.spb.edu)

<sup>2</sup>Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе, С.-Петербург, e-mail: [d.baranov@mail.ioffe.ru](mailto:d.baranov@mail.ioffe.ru)

Гелиоширотное распределение фотосферных магнитных полей было рассмотрено на основе синоптических карт обсерватории Китт Пик (1976–2003 гг.). Проведено суммирование синоптических карт за весь исследуемый период для различных групп магнитных полей, отличающихся по напряженности. На основе суммарных синоптических карт были рассмотрены особенности широтного распределения фотосферного магнитного поля.

Гелиоширотные распределения магнитных потоков, полученные для различных групп магнитных полей, показали особенности, которые сохраняются даже при усреднении за три солнечных цикла и которые связаны с определенными проявлениями солнечной активности. В основных чертах гелиоширотное распределение симметрично относительно экватора.

Гелиоширотные распределения получены при разбиении по группам магнитных полей в интервалах по 5 Гс. Проведенный анализ показал, существование четкой связи величины магнитного поля и его широтной локализации:

1. От экватора до  $10^\circ$  — самые слабые поля (0–5 Гс).
2. В интервале  $10^\circ - 30^\circ$  — самые сильные поля (больше 15 Гс — солнечные пятна и активные области).
3. В интервале  $30^\circ - 60^\circ$  — самые слабые поля (0–5 Гс).
4. В узкой полосе широт  $70^\circ - 80^\circ$  — магнитные поля от 15 до 50 Гс — полярные факелы.
5. Высокоширотные области выше  $60^\circ$  — магнитные поля 5–15 Гс — полярные корональные дыры.

Определена широта, на которой достигается максимум в широтных профилях и построены временные изменения магнитного потока на данной широте для разных групп магнитных полей. Показано соответствие временных изменений магнитного потока каждой из перечисленных групп полей и циклических изменений солнечной активности.

**Радиоуглеродная версия 11-летних вариаций  
межпланетного магнитного поля с 1250 года**

**Волобуев Д.М., Макаренко Н.Г., Уртъев Ф.А.**

*ГАО РАН, Санкт-Петербург, e-mail: dmitry.volobuev@mail.ru*

Известно, что межпланетное магнитное поле (ММП) гелиосферы, определяемое солнечной активностью, модулирует поток галактических космических лучей (ГКЛ). Поскольку ГКЛ являлись единственным источником изотопа  $^{14}\text{C}$  в атмосфере до эпохи атмосферных ядерных испытаний, скорость образования этого изотопа в атмосфере является одним из немногих надежных источников информации о поведении солнечной активности до начала регулярных телескопических наблюдений. В данной работе мы решаем обратную задачу для уравнения диффузии радиоуглерода из атмосферы в океан. Подбирая параметры модели на отрезке времени 1872–1953 гг мы получаем достаточно надежную аппроксимацию 11-летних циклов ММП. Надежность подтверждается высоким уровнем вейвлет-когерентности в полосе 8–14 лет для ММП пересчитанного из геомагнитных индексов, и скорости образования радиоуглерода в атмосфере, пересчитанной на основе погодичных данных на основе погодичных данных Вашингтонского университета о содержании радиоуглерода в кольцах деревьев 1510–1950 гг о содержании радиоуглерода в кольцах деревьев. Распространяя модель на данные национального университета Чангбука (Changbuk) по Корейскому полуострову за период 1250–1650 гг мы получаем непрерывный ряд квази-11-летних циклов с 1250 года.

**Каталог жёстких рентгеновских вспышек на Солнце,  
зарегистрированных на HEND/Mars Odyssey  
в 2001–2014 годах**

**Выборнов В.И., Лившиц М.А.**

*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн, Москва, Троицк e-mail: vadim.vybornov@yandex.ru*

Создан каталог мощных солнечных вспышек, зарегистрированных прибором High Energy Neutron Detector (HEND), разработанным в ИКИ РАН и успешно работающем на космическом аппарате 2001 Mars Odyssey. Помимо нейтронов, эта аппаратура чувствительна к жесткому рентгеновскому и гамма-излучению, которое регистрировалось двумя сцинтилляторами. Внешний сцинтиллятор регистрировал фотоны свыше 40 кэВ,

внутренний — свыше 200 кэВ. Обсуждается процедура калибровки данных, даны примеры временных профилей и спектров излучения вспышек. Каталог содержит сведения о 46 наиболее мощных солнечных вспышках, произошедших как на видимой с Земли, так и обратной сторонах Солнца. Эти сведения включают временные профили, суммированные по всем энергетическим каналам внешнего детектора, а для некоторых событий также и внутреннего. Также составлена таблица, в которой для каждого события приводятся характеристики степенного спектра излучения, данные о наблюдениях мягкого рентгеновского излучения и СКЛ в направлении от Земли к Солнцу.

### Солнечная активность и атмосферный водяной пар

Галкин В.Д.<sup>1,2</sup>, Никанорова И.Н.<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> ГАО РАН, Санкт-Петербург

<sup>2</sup> e-mail: galkin\_slava@mail.ru

<sup>3</sup> e-mail: nikanorova\_ira@mail.ru

Водяной пар в Земной атмосфере является активным участником многих атмосферных процессов, поэтому его реакция на события, происходящие на Солнце в процессе цикла солнечной активности, существенна для прогноза погоды, объяснения и предсказания изменения климата.

В данной работе рассмотрено поведение интегрального содержания водяного пара в Земной атмосфере в течение 23 цикла солнечной активности 1996–2008 гг. Использовались данные по измерению содержания водяного пара полученные в Линденберге (Германия) на основе радиозондирования земной атмосферы. Измерения выполнялись ежедневно четыре раза в сутки.

Рассматривались следующие возможности изменения условий конденсации водяного пара и, следовательно, возможного изменения содержания водяного пара:

1. Форбуш понижения после сильных солнечных вспышек и прихода корональной массы в окрестности Земли, по данным Московского нейтронного монитора. В этом случае уменьшается уровень ионизации в атмосфере, и мы можем ожидать увеличение содержания водяного пара в атмосфере. Было рассмотрено 37 случаев форбуш понижений с понижением более 6%.

2. Случаи протонного возрастания после сильных вспышек. В этом случае мы можем ожидать повышением уровня ионизации и, следовательно, уменьшения содержания водяного пара. Рассмотрено 17 случаев.

В обоих случаях отбирались не только самые интенсивные события, но и отбирались события с резкой границей начала. Данные по водяному пару анализировались методом совмещения эпох с временным разрешением 6 часов на протяжении 15 дней после Форбуш понижений и 5 дней после начала протонного возрастания.

В случае Форбуш понижения не зафиксировано уверенного повышения содержания водяного пара в целом, хотя для самых интенсивных событий наблюдается повышение содержания водяного пара на уровне 10%. После протонных возрастаний среднее уменьшение содержания водяного пара составило ~5%.

### **Анализ физических характеристик корональных дыр в микроволновом диапазоне**

*Голубчина О.А.*

*СПб филиал САО РАН, Санкт-Петербург,  
e-mail: golubchina\_olga@mail.ru*

В работе приведены физические характеристики (яркостные температуры, электронные концентрации) радиоизлучения полярной корональной дыры по данным наблюдений на РАТАН-600 на волнах: 1.03, 1.38, 2.7, 6.2, 13, 31 см в период минимума солнечной активности.

Приводится сравнение яркостных температур полярной корональной дыры вблизи лимба Солнца с усреднёнными яркостными температурами корональных дыр, расположенных на диске Солнца. Усреднённые яркостные температуры являются результатом многократных наблюдений корональных дыр на РАТАН-600 в течение нескольких лет в период минимальной солнечной активности. Показано совпадение яркостных температур полярной корональной дыры и усреднённых температур корональных дыр, расположенных на диске Солнца, что свидетельствует об идентичности физических процессов, происходящих в этих корональных дырах в период минимальной солнечной активности.

Обсуждаются опубликованные за последние 20 лет результаты наблюдений корональных дыр на разных радиотелескопах.

**Область диффузионного овершутинга  
под конвективной зоной Солнца**

***Горшков А.Б.<sup>1,2</sup>, Батулин В.А.<sup>1,2</sup>***

<sup>1</sup>*Государственный астрономический институт  
им. П.К. Штернберга Московского Государственного  
Университета им. М.В. Ломоносова, Москва*

<sup>2</sup>*e-mail: gorshkov@sai.msu.ru*

<sup>3</sup>*e-mail: vab@sai.msu.ru*

Под овершутингом понимается распространение конвективных движений вещества за формальные пределы конвективной зоны, определенные критерием Шварцшильда. Рассчитывая эволюцию химического состава Солнца, мы моделируем овершутинг как область плавного повышенного коэффициента диффузии. Существование овершутинга следует из необходимости согласовать теоретический и наблюдаемый профили градиента скорости звука под конвективной зоной и соответствующие им профили частоты плавуности (частоты Брента-Вайсяля). В результате такого согласования получена толщина области овершутинга, равная 0.038 радиуса Солнца.

**Жесткое рентгеновское излучение  
очень слабых вспышек**

***Выборнов В.И.<sup>1</sup>, Григорьева И.Ю.<sup>2</sup>, Лившиц М.А.<sup>3</sup>,  
Иванов Е.Ф.<sup>4</sup>***

<sup>1</sup>*Государственный астрономический институт  
им. П.К. Штернберга, Москва* <sup>2</sup>*Главная астрономическая  
обсерватория, С.-Петербург, e-mail: irinadao@gmail.com*

<sup>3</sup>*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения  
радиоволн им. Н.В. Пушкова, Троицк, Москва, e-mail: taliv@mail.ru*

<sup>4</sup>*Институт солнечно-земной физики, Иркутск,  
e-mail: eugenecf@gmail.com*

Собраны данные о вспышках баллов от А7 до С6, сопровождающихся рентгеновским излучением с энергией, превышающей 30 кэВ. Часть из этих событий зарегистрированы на спутнике Suzaku широкополосным монитором всего неба (WAM) с эффективной площадью  $\sim 800 \text{ см}^2$  на 100кэВ. Большинство из событий с жестким рентгеновским излучением возникает в группах с большой площадью пятен, причем заметная доля событий развивается на фазе спада мощных вспышек. Для 15 случаев по данным



Suzaku и RHESSI построены спектры жесткого рентгеновского излучения и определены характеристики потоков ускоренных электронов. Для нескольких событий 2005 – 200 г.г. проведено детальное сопоставление рентгеновских и микроволновых данных РАТАН-600 и ССРТ и показано, что в проанализированных событиях развивается источник поляризованного микроволнового излучения близ нейтральной линии магнитного поля (между пятнами), во многих случаях связанный со вспышкой нового магнитного поля. Кратко обсуждаются условия, приводящие к ускорению частиц в рассматриваемых активных областях.

### **К кинетическому описанию расширяющихся горячих плазменных корон**

*Губченко В.М.*

*Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород, Россия*

Плазменные короны, образованные истечением плазмы, представляют собой структурированные ближними индукционными магнитными полями диссипативные 3D объекты электромагнитной природы, связываемые с непрерывными процессами магнитного пересоединения, формирующими магнитосфероподобные структуры. Как правило, описание таких корон развивается в рамках МГД приближения, предполагающего локальность материальных связей в относительно холодной плазме и при существенной роли столкновений.

Однако в условиях сильной разреженности и высокой температуры корон требуется развитие кинетического описания на основе уравнений Власова и Максвелла, в котором плазма короны представляется бесстолкновительным потоком частиц, характеризуемым функцией распределения частиц по скоростям (ФРЧ). В кинетическом описании особенности короны обусловлены одновременным возбуждением в точке диамагнитных и резистивных токовых систем. Размеры структур выражаются через большие (по отношению к инерционным МГД э.м. масштабам) особые э.м. масштабы пространственной дисперсии, которые характеризуют нелокальность материальных связей в короне и которые отсутствуют в МГД описании.

Масштабы определяются формой ФРЧ поступательно движущейся плазмы при изучении её свойств в «черенковской линии резонансного поглощения». К индуцированным движением масштабам относятся диамагнитный масштаб и масштаб аномального скин-слоя. Поток частиц при этом проявляет себя как движущаяся металлоподобная среда с некоторой эффективной проводимостью или как диэлектрическая среда с магнитной

проницаемостью. Эти свойства определяются величиной безразмерного параметра электромагнитной добротности потока  $G$ . Параметр  $G$  вычисляется по виду ФРЧ и не связан с определением числа Маха  $M$  потока.

Рассмотрены три группы задач, в зависимости от величины добротности  $G$ : структура стримера и его топологическая перестройка; структура пояса корональных стримеров в гелиосферном диске; импульсная электродинамика слоя токонесящей плазмы, самосогласованная с токами ускоряемых частиц.

Работа поддержана частично РФФИ (проекты No 13-02-97074 и No 14-02-00133), Программой No 22 Президиума РАН, Ведущей научной школой (проект НШ No 1041.2014.2) и Министерством образования и науки РФ (контракт No 14.Z50.31.0007).

**Теоретические и экспериментальные жесткости  
обрезания космических лучей в период геомагнитной  
бури в сентябре 2005 года**

*Данилова О.А.*

*СПбФ ИЗМИРАН*

Теоретические вертикальные эффективные геомагнитные пороги были рассчитаны методом траекторных расчетов в магнитном поле возмущенной магнитосферы Цыганенко TS01 и проведено сравнение с экспериментальными жесткостями обрезания, полученными методом спектрографической глобальной съемки по данным мировой сети нейтронных мониторов в период геомагнитной бури 8–16 сентября 2005 г. Эта буря характеризуется двумя сильными возмущениями солнечного ветра, скорость которого достигала 1000 км/с. Проведен совместный анализ временных вариаций, полученных теоретических и экспериментальных геомагнитных порогов.

## Межледниковые интервалы последнего миллиона лет и продолжительность текущего межледниковья

*Дергачев В.А.*

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

Основной объём наиболее детальной информации об изменении климата в прошлом может быть получен по результатам анализа особенностей распределения стабильных изотопов в непрерывных разрезах глубоководных осадков и годовых слоях ледниковых отложений на континентах. Характерной особенностью климатической изменчивости в течение последнего миллиона лет является надёжно установленная циклическая проявление климатических событий. Установлено, что долговременные циклические колебания глобального климата Земли в этом временном интервале откликаются на циклические колебания орбитальных параметров. При этом наиболее чётко выражен климатический цикл с периодом около 100 тыс. лет. Важным результатом исследований климатического цикла является установление и объяснения двух его состояний — ледниковый интервал, который сменяется более короткими интервалами потепления (межледниковьями) длительностью около 10–12 тыс. лет. История оледенения Земли последнего миллиона лет позволяет выделить ряд межледниковых состояний. К сожалению, наиболее полное полный набор данных имеется только для последнего и текущего межледниковий. Детальные микропалеонтологические и изотопные исследования морских отложений Северной Атлантики свидетельствуют, что последнее межледниковье (128–117 тыс. лет назад, морская изотопная стадия МИС 5), по-видимому, было самым тёплым, с температурами примерно на 5°С выше современных. Исходя из подобности орбитальных параметров в текущее межледниковье таковыми в прошлом, следует ожидать, что аналогами для эволюции современного межледниковья могут быть межледниковья в окрестности ~400 (МИС 11) и ~800 (МИС 19) тыс. лет назад. Наибольшее внимание в качестве аналога уделяется межледниковью МИС 11. Отметим, что его продолжительность различается по различным оценкам, но существенно превышает последнее межледниковье.

## **Активность Солнца в период переполюсовки магнитного поля**

*Дивлекеев М.И.*

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

Известно, что изменение глобального магнитного поля Солнца происходит в максимуме одиннадцатилетнего цикла активности. В этот период на диске существует много активных областей (АО), в которых могли возникать вспышки. В данной работе изучена вспышечная активность Солнца в период переполюсовки магнитного поля по материалам наблюдений спутников GOES и SDO из интернета. В июле и августе 2014 г. были периоды, когда фоновое излучение в мягком рентгене было минимальное (B3.0), хотя на видимом диске находилось большое количество АО. Однако в это время мощные вспышки не происходили, а наблюдались только микро-вспышки, которые появлялись практически одновременно в нескольких активных областях. Длительность их определялась количеством захваченных ими маленьких низких петельных структур. Возможно, предположить, что с 10 по 27 июля произошло изменение магнитного поля в северном полушарии, так как здесь АО находились вблизи экватора. С 3 по 19 августа изменение магнитного поля произошло в южном полушарии, когда все АО были около экватора.

## **Орбитальная цикличность в изменении климата последних трёх миллионов лет**

*Дергачев В.А., Дмитриев П.Б.*

*ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН, С.-Петербург,  
e-mail: paul.d@mail.ioffe.ru*

Исследована структура временного ряда изменений концентрации кислорода в карбонатах океанических отложений на протяжении последних трех миллионов лет, полученных из 57-и различных мест бурений океанического дна [1]. Исходя из особенностей временной структуры, ряд был разбит на четыре временных интервала, отличающихся трендовыми и масштабно-временными свойствами. При помощи спектрально-временного анализа в каждой из выделенных частей ряда были выявлены как общие:  $\approx 23$ ,  $\approx 41$  и  $\approx 100$  тыс. лет, так и отдельные:  $\approx 56$ ,  $\approx 65$ ,  $\approx 79$  тыс. лет квазипериодические осцилляции.

Особое внимание было уделено изучению временного изменения параметров квазипериодических составляющих ряда с периодами от 3 до 200 тыс. лет при помощи построения спектральной плотности исследуемых данных в скользящем временном окне величиной: 500, 600 и 1000 тыс. лет. Осцилляция  $\approx 41$  тыс. лет очень четко проявляется и сохраняется на протяжении всего трёхмиллионлетнего периода и, следовательно, может быть результатом сложных орбитальных воздействий на климат Земли. В то время как осцилляция  $\approx 100$  тыс. лет менее четко, чем первая, проявляется от 3 до 1.7 млн. лет в прошлом, затем исчезает и вновь возникает на интервале от 600 тыс. лет до настоящего времени, что может быть обусловлено геологическими воздействиями на земной климат.

[1] Lisiecki L. and Raymo M.A. // *Paleoceanography*, 2005, v. 20, PA1003.

### **Долготная структура солнечной активности: регулярное и стохастическое поведение**

*Ерофеев Д.В.*

*Уссурийская астрофизическая обсерватория, Уссурийск,  
e-mail: dve\_08@mail.ru*

Для исследования долготной структуры солнечной активности использованы данные о группах солнечных пятен, полученные в Уссурийской астрофизической обсерватории на протяжении пяти солнечных циклов. Для каждого 11-летнего цикла, и отдельно для северного и южного полушарий Солнца, рассчитаны корреляционные функции (КФ) долготного временного распределения пятенной активности, а также их спектры мощности. Анализ КФ и спектров мощности показал следующее.

1) В каждом 11-летнем цикле на высоком уровне достоверности выявляется несколько (от 2 до 5) устойчивых структур (мод), каждая из которых имеет определенный период вращения и определенный долготный масштаб  $360^\circ/k$ , где  $k$  — число волн на окружности. Моды сохраняют пространственную когерентность в течение периодов времени от 3 до более чем 5 лет.

2) Дискретные наборы мод, наблюдающиеся в разных 11-летних циклах и разных полушариях Солнца, совершенно различны, причем какой-либо закономерности в их изменении от цикла к циклу не прослеживается.

Усредненный за длительный интервал времени (5 циклов) спектр периодов вращения оказывается практически непрерывным в диапазоне 26.5–28.5 сут., а пространственный спектр — плавно спадающим при уменьшении долготного масштаба от  $180^\circ$  до  $45^\circ$ .

Вывод: на большом масштабе времени (несколько 11-летних циклов) долготная неоднородность солнечной активности ведет себя подобно ансамблю волновых мод со стохастическим поведением, который вероятно имеет турбулентную природу. Тот факт, что в каждом 11-летнем цикле выделяется несколько устойчивых мод со сравнительно большой амплитудой, по-видимому, означает, что длительность 11-летнего цикла является относительно малым временным масштабом, в пределах которого амплитуды отдельных волн являются случайными величинами, и поэтому некоторые из них могут значительно превышать средний уровень.

### Сравнение параметров магнитного поля в ведущих и замыкающих солнечных пятнах и свойства атмосферы над ними

Загайнова Ю.С.<sup>1</sup>, Файнштейн В.Г.<sup>2</sup>, Обриджо В.Н.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН (ИЗМИРАН), Москва, Троицк, e-mail: yuliazag@izmiran.ru*

<sup>2</sup>*Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения РАН (ИЗФ СО РАН), Иркутск*

По данным SDO/HMI и SDO/AIA для фазы роста и максимума 24-го солнечного цикла сопоставлены магнитные свойства ведущих и замыкающих пятен, а также свойства солнечной атмосферы над ними. С использованием расчетов по данным SOLIS магнитного поля в потенциальном приближении отобраны пары ведущих и замыкающих солнечных пятен, тени которых соединены силовыми линиями магнитного поля. Такие пары пятен определены как «магнитно-связанные». Установлено, что в  $\sim 84\%$  случаях минимальный угол между направлением поля и положительной нормалью к поверхности Солнца в месте измерения поля меньше в ведущих пятнах по сравнению с замыкающими  $\alpha_{min-ls} < \alpha_{min-fs}$ , а между  $\alpha_{min-ls}$  и  $\alpha_{min-fs}$  существует положительная корреляция. Обнаружено, что с уменьшением  $\alpha_{min-ls,fs}$  контраст в линии *He II* 304 ( $C_{304}$ ) над тенью пятен возрастает, а с ростом отношения  $\alpha_{min-ls}/\alpha_{min-fs}$  отношение  $C_{304-ls}/C_{304-fs}$  в среднем уменьшается, где  $C_{304-ls}$  — контраст

в линии  $He II 304$  над тенью ведущих пятен,  $C_{304-fs}$  — над тенью замыкающих. Впервые построены и сопоставлены зависимости максимального  $B_{mean}$  и среднего  $B_{max}$  значений магнитной индукции в тени пятен от площади тени  $S$  магнитно-связанных пар. Сделан вывод, что  $B_{max}$  и  $B_{mean}$  не падают до нуля при уменьшении  $S$  до очень малых значений, а  $B_{max-ls} > B_{max-fs}$ . Исследована динамика магнитных свойств одиночных и биполярных магнитно-связанных пар пятен при их прохождении по диску Солнца. Для одной биполярной группы пятен движение группы сопровождалось исчезновением замыкающего пятна и перестройкой структуры магнитного поля в активной области (АО) и ее связи с соседней АО. Для фазы роста и максимума активности 24 цикла показано, что в среднем  $C_{304-ls} < C_{304-fs}$  и  $C_{304-ls,fs}$  слабо зависит от  $S$ .

**Новый метод исправления спектрограмм  
и изображений Солнца за рассеянный свет  
в исследованиях свойств солнечных пятен**

*Загайнова Ю.С.*

*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения  
радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН (ИЗМИРАН), Москва, Троицк,  
e-mail: yuliazag@izmiran.ru*

Исследование солнечных пятен с помощью наземных телескопов, не оснащенных адаптивной оптикой, должно включать процедуру исправления изображений и спектрограмм за рассеянный свет. Рассеянный свет в этих случаях возникает вследствие рассеяния солнечного излучения в атмосфере Земли и на конструктивных элементах телескопа. Большинство известных методов исправления за рассеянный свет основано на деконволюции свертки «истинной» интенсивности и относительно сложной функции рассеяния точки (point spread function (PSF)), которая, как правило, находится из сопоставления измеренного и известного радиального распределения интенсивности излучения в окрестности солнечного лимба, или с помощью более сложных процедур. В данной работе предложен новый, относительно простой и эффективный метод исправления данных солнечных наблюдений за рассеянный свет. Исправление за рассеянный свет проводится в два этапа. На первом этапе данные исправляются постоянную составляющую рассеянного света, которая при наблюдениях вблизи центра солнечного диска предполагается одинаковой для всех участков

спектрограммы (или в пределах всего изображения). На втором этапе находится PSF с помощью деконволюции свертки «истинного» профиля интенсивности излучения поры «правильной» формы и PSF в предположении, что в пределах поры контраст профиля поры не меняется. Оказалось, что PSF может быть представлена в виде одной гауссианы, что существенно упрощает ее нахождение. И, наконец, после нахождения PSF истинная яркость в тени исследуемого пятна находится путем деконволюции свертки наблюдаемой интенсивности в пятне и найденной PSF. Представлены результаты исправления данных наземных наблюдений в ИК-диапазоне за рассеянный свет. На основе обработанных данных спектральных наблюдений выполнено сравнение температуры солнечных пятен до и после исправления за рассеянный свет.

## Ультратонкие магнитные структуры в хромосфере

*Зайцев В.В.*

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

Обнаружение ультратонких компактных горячих магнитных петель в хромосфере Солнца позволяет предполагать, что хромосфера играет существенную роль в солнечной активности, в частности, в нагреве короны. Исследуется происхождение ультратонких горячих петель в хромосфере и некоторые их дополнительные свойства, которые пока не обнаружены в экспериментальных данных. В результате взаимодействия конвективных потоков фотосферной плазмы с магнитным полем в основаниях петли здесь генерируются достаточно большие электрические токи. Показано, что плазма в таких петлях может нагреваться до корональных температур за счет диссипации электрических токов. Источник нагрева сосредоточен в основаниях петли в интервале высот до нескольких сотен километров, где происходит увеличение температуры до значений порядка миллиона градусов. Нагрев более высоких слоев происходит за счет теплопроводности, которая находится в балансе с радиационными потерями. При этом относительно небольшая длина хромосферных петель является причиной того, что температура мало меняется от основания к вершине и петля остается практически изотермичной. Температура плазмы в трубке растет с увеличением скорости конвекции и магнитного поля, что может объяснить существование значительно более горячих петель у звезд поздних спектральных классов по сравнению с короной Солнца. Показано, что концентрация плазмы в таких трубках должна быть существенно



меньше концентрации в окружающей хромосфере. Дана оценка собственных частот колебаний ультратонкой магнитной петли как эквивалентного электрического контура и указана возможная причина выбросов горячей плазмы из оснований петель.

Работа частично поддержана грантом РФФИ №14-02-00133, Программами Президиума РАН П-21, П-22, грантом ведущей научной школы НШ-1041.2014.2, а также Министерством образования и науки РФ (контракт №14Z50.31.0007).

### **О правиле Гневывшева–Оля и его нарушениях**

*Золотова Н.В.<sup>1</sup>, Понявин Д.И.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Санкт-Петербургский государственный университет,  
Санкт-Петербург, e-mail: ned@geo.phys.spbu.ru*

Четно-нечетная последовательность солнечных циклов рассматривается для индексов числа групп пятен и полярных факелов. Показано, что 22-летняя модуляция солнечной активности в пятнообразовании Солнца отражается также и в полярном поле. Сравнивая статистические соотношения между нечетными и четными циклами, мы пришли к выводу, что предпочтение не может быть отдано ни нечетно-четному, ни четно-нечетному порядку. Обсуждается правило Гневывшева–Оля и его нарушения в прошлом и в современную эпоху.

## **Пространственные особенности распределения пятен в солнечном цикле и модель динамо в тонком слое**

***Иванов В.Г., Милецкий Е.В.***

*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН*

В предыдущих работах [1, 2] мы показали, что средние широты пятен ведут себя универсальным образом, не зависящим от мощности 11-летнего цикла, а на фазе спада цикла они определяются текущим уровнем солнечной активности. В данной работе мы демонстрируем, как эти особенности могут быть воспроизведены в рамках простейшей модели конвективного  $\alpha - \omega$  динамо в тонком сферическом слое.

- [1] Иванов В.Г., Милецкий Е.В. // Труды всероссийской конференции «Солнечная и солнечно-земная физика – 2012», Р. 51 (2012).
- [2] Ivanov V.G., Miletsky E.V. // Geomagnetism and Aeronomy, V. 54, № 7, (2014).

## **Об изменении характера связи корональных выбросов массы с соответствующими рентгеновскими вспышками в течение 11-летнего цикла солнечной активности**

***Иванов Е.В.***

*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн, 142190, Россия, г. Москва, г. Троицк, Калужское шоссе, д. 4, e-mail: ivstp@mail.ru*

Исследован характер связи корональных выбросов массы (КВМ) с соответствующими рентгеновскими вспышками в течение 11-летнего солнечного цикла. В исследовании использованы 3 каталога пар «вспышка – КВМ»: 1) каталог КВМ типа «гало» N.Gopalswamy ([http://cdaw.gsfc.nasa.gov/CME\\_list/HALO/halo.html](http://cdaw.gsfc.nasa.gov/CME_list/HALO/halo.html)) (1997–2012 гг., 288 пар «вспышка – КВМ»), 2) каталог В. Ишкова ([http://www.wdcb.ru/stp/online\\_data.ru.html](http://www.wdcb.ru/stp/online_data.ru.html)) (1997–2013 гг., 1031 пара «вспышка – КВМ») и 3) каталог лимбовых вспышек и соответствующих КВМ S.Yashiro (личное сообщение, 1996–2005 гг., 496 пар «вспышка – КВМ»). Показано, что одним и тем же значениям рентгеновского балла вспышки на фазе спада 11-летнего солнечного цикла соответствуют большие значения скорости и энергии КВМ, чем на фазе роста. Аналогичные изменения наблюдаются и в значениях скорости и энергии КВМ по

отношению к значениям индекса мультиплетности, характеризующего характерные размеры структурных элементов крупномасштабной системы солнечных магнитных полей (КМПС), ответственных за возникновение соответствующих комплексов активных областей. Это свидетельствует о том, что на фазе спада 11-летнего цикла возникают условия, способствующие возникновению комплексов активных областей с соответствующими корональными арочными структурами, в которых по-видимому и накапливается энергия для последующих КВМ. Поскольку вспышки являются более локальными чем КВМ образованиями, возникающими в отдельных группах пятен (отдельных активных областях), энергия КВМ, связанных с комплексами активных областей будет естественно выше энергии КВМ, возникающего в отдельной активной области при одной и той же энергии (балле) солнечной вспышки. Различие в энергетике вспышек и соответствующих КВМ на различных фазах 11-летнего цикла наиболее заметна для относительно слабых вспышек (балла В, С) и менее сильно выражена для вспышек балла М,Х, которые по-видимому связаны с КВМ, возникающими в комплексах активных областей. Связь же изменений энергетики (скорости) КВМ с изменениями структуры крупномасштабного магнитного поля наиболее явно выражена именно для наиболее энергичных КВМ, связанных со вспышками балла М,Х.

## **Эволюция магнитного поля Солнца разных масштабов в 21–22-м циклах**

***Ихсанов Р.Н., Иванов В.Г.***

*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН*

Продолжены исследования широтно-временной эволюции магнитного поля (МП) с открытыми и замкнутыми конфигурациями [1]. Исходным материалом исследования послужили наблюдения фотосферного МП Солнца Стенфордской обсерватории и обсерватории Китт-Пик за 1976–2003 годы. Основное внимание уделено вопросам взаимосвязи крупномасштабных и более мелких локальных МП. С этой целью система замкнутых МП была разделена на ряд широтно-временных диаграмм с уменьшающимися масштабами и были рассмотрены их свойства. Показано, что в течение развития 21–22 циклов наблюдаются две широкие полосы МП разной полярности. Одна из них на диаграмме наибольшего масштаба МП переходит из высоких в низкие широты, а вторая, которая наблюдается на диаграмме наименьшего масштаба, напротив, из низких широт движется в высокие. Проводится обсуждение.

- [1] Ихсанов Р.Н., Иванов В.Г. // Труды конференции «Солнечная и солнечно-земная физика – 2011», СПб, Пулково, с.47.

## **Вспышечная активность солнечных циклов переходных периодов — солнечные вспышечные суперсобытия**

***Ишков В.Н.***

*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова, Троицк, Москва,  
e-mail: iishkov@izmiran.ru*

В рамках уже реализованной последовательности достоверных циклов солнечной активности (СА) наиболее интересными представляются переходные периоды, между эпохами «пониженной» и «повышенной» СА, когда происходит смена режима пятнообразовательной активности т.е. изменение режима генерации магнитного поля в солнечной конвективной зоне. Длительность этих периодов составляет  $1 \pm 0.5$  солнечного цикла, причём один цикл является базовым (11, 17, 23). Такую реконструкцию режима пятнообразования, по-видимому, можно было наблюдать в солнечных циклах 10–11, когда магнитные поля солнечной конвективной зоны были

реконструированы к режиму «пониженной» СА. В циклах 17–18 произошла подобная перестройка магнитных полей к эпохе «повышенной» солнечной активности. Второй период реконструкции солнечных магнитных полей к режиму «пониженной» СА, осуществился с фазы максимума 22 цикла и до конца 23. Так как в этот период стали обычными космические исследования Солнца, в первый раз появилась возможность детально изучить этот переходный период реконструкции магнитного поля к эпохе «пониженной» СА. Стало понятно, что в случае перехода в режим «пониженной» СА к базовому солнечному циклу прибавляется значимая часть предыдущего цикла (10–11 и 22–23), а в случае перехода к «повышенной» СА — последующего 17–18. Именно на ветви роста и в максимуме 18 солнечного цикла м единственный раз наблюдали на видимом диске Солнца сверхгигантские группы пятен. Изучение геоэффективных вспышечных событий и их воздействие на околоземное космическое пространство показывает, что практически все кандидаты в солнечные вспышечные суперсобытия (VIII–IX 1859 г. — в 10; VI 1991 г. — в 22; X — XI 2003 г. — в 23) осуществились именно в переходные периоды. Большинство солнечных протонных событий с очень большими и экстремальными ( $10^3$ – $10^4$  pfu) потоками протонов осуществились именно в 22–23 солнечных циклах. Нужно отметить и повышенное количество вспышек в космических лучах (GLE-событий) именно в данный переходной период. Анализ всех доступных достоверных наблюдений групп солнечных пятен, отдельных наблюдений солнечных вспышечных событий, SSC и Aa-индекса позволяет сделать вывод о росте общего числа мощных вспышечных событий в переходные периоды смены режима генерации солнечных магнитных полей.

### **Текущий 24 цикл солнечной активности: характеристики, ход и прогноз развития**

***Ишков В.Н.***

*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения  
радиоволн им. Н.В. Пушкова, Троицк, Москва,  
e-mail: iishkov@izmiran.ru*

В настоящий момент, в рамках уже реализованной истории достоверных циклов СА становится понятно, что, начиная с максимума 22 и по конец 23 солнечных циклов, условия генерации магнитных полей на Солнце значимо изменились и дали начало новой эпохе «пониженной» СА — эпохе циклов средней и низкой величины. Предыдущий такой период «пониженной» СА начался с 12 солнечного цикла (XII 1878) и продолжался

до начала 17 (IX 1933). Начавшийся в таких условиях текущий 24 солнечный цикл к ноябрю 2014 немного превзошёл по высоте 16 цикл, самый высокий из низких, и развивается как «нормальный» солнечный цикл низкой высоты ( $W^*_{\text{макс}} \leq 80$ ). Основные характеристики низких солнечных циклов СА (в среднем): – низкие начальные значения  $W^*_{\text{мин}}$  (3.4); – большая продолжительность (11.1 г.); – более продолжительные, в среднем, (4.6 г.) ветви роста; – многовершинность фазы максимума для низких солнечных циклов и чёткая одновершинность для солнечных циклов средней величины; – более короткие, в среднем, (5.9 г.) ветви спада; – более узкая зона пятнообразования по широте  $\pm 35^\circ$ ; – количество беспятенных дней вокруг фазы минимума, в среднем, 785 d; – средняя сглаженная площадь групп пятен для эпохи «пониженной» СА 1200 мдп.; – низкое число групп пятен  $\geq 1000$  мдп.; – более затянутые фазы минимума между циклами (56–60 мес.) и, особенно, перед низкими СЦ, а в двух случаях из трёх (23–24 и 14–15) – самые протяжённые фазы минимума; – максимальное значение полярного магнитного поля  $\geq 100$  мкТл: – внутри эпох СА безусловно выполняются наблюдательные правила развития солнечных циклов, в том числе и правило Гневьшева-Оля.

Основные характеристики 24 цикла СА следующие: – начало I 2009, с  $W^*_{\text{мин}} = 1.7$ ; – первая группа текущего цикла появилась в северном полушарии в I 2009, а в южном полушарии только в V 2009; – начало фазы роста – IV 2011 ( $W = 54.4$ ,  $F_{10.7} = 112.6$ ); – появление первой большой ( $S_p \geq 500$  м.д.п.) группы солнечных пятен – II 2011, а первой очень большой ( $S_p \geq 1500$  мдп.) – XI 2011 г.; – рекордно затянутая ветвь роста СА (5.15 лет); – преобладание пятнообразовательной активности северном полушария Солнца до середины 2013 г., затем картина резко меняется и группы пятен чаще появляются в южном полушарии; – первая большая вспышка ( $M \geq 5$ ) осуществилась в II 2010; – первая мощная солнечная вспышка X6.9/2B осуществилась 9.08.2011; – геоэффективность солнечных вспышечных явлений и корональных дыр остаётся аномально низкой: за 4 г. зарегистрировано две большие магнитные бури ( $A_p \geq 70$ ) и лишь три солнечных протонных события ( $E_{pr} > 10$  MeV) с потоком протонов больше 1000 рfu. Одной из самых интересных особенностей 24 цикла является необычно большое количество комплексов активных областей (КАО), промежуточной структуры между АО и комплексами активности. По сценарию развития низких солнечных циклов наиболее мощные вспышечные события происходят на фазе спада цикла. Текущий цикл – первый компонент физического 22-летнего солнечного цикла и по правилу Гневьшева-Оля следующий 25 солнечный цикл должен быть выше, средним по величине.

**Параметры плазмы активного протуберанца 29 марта  
2006 года, определенные по УФ затменному спектру**

***Калинин А.А.***

*Уральский федеральный университет, Екатеринбург,  
e-mail: kaargu@rambler.ru*

Определены физические параметры плазмы в протуберанце 29 марта 2006 года. Проведенное ранее моделирование спектра излучения солнечного протуберанца в линиях H и K ионизованного кальция и H $\epsilon$  водорода дополнено учетом излучения в непрерывном спектре за счет томсоновского рассеяния на свободных электронах. На основе полученных диагностических диаграмм предложена уточненная методика определения физических параметров. Обсуждается влияние геометрии и кинематики на оценки физических параметров. Указано, что отсутствие самообращения в наблюдаемых спектрах оптически толстых линий Ca II может быть частично объяснено геометрией протуберанца, близкой к цилиндрической.

**Эволюция микроволнового излучения вспышки M1.1  
по наблюдениям на РАТАН-600**

***Кальтман Т.И., Коржавин А.Н., Тохчукова С.Х.***

*Специальная астрофизическая обсерватория, Санкт-Петербург  
e-mail: arles@mail.ru*

Резкое возрастание микроволнового излучения активной области 11977 было зарегистрировано 16 февраля 2014 г во время многоазимутальных наблюдений на РАТАН -600. Всплеск сопровождал рентгеновскую вспышку балла M1.1, которая длилась с 09:20 до 09:29 UT по данным спутника Goes, с быстрым ростом потока в первые 2 минуты и максимумом в 09:26 UT. Повышенное излучение также наблюдалось в белом свете и ультрафиолетовом диапазоне.

В период с 7:24 до 11:30 UT на РАТАНе было проведено 31 наблюдение с шагом 8 минут, в том числе в меридиане вблизи максимума вспышки в 09:27, что дало возможность проанализировать эволюцию пространственных и спектрально-поляризационных характеристик источника всплеска в диапазоне от 3 до 18.2 ГГц. Зарегистрированный максимум потока на 7.7 ГГц достиг 75 с.е.п. Поток излучения в коротковолновой части спектра возрос в 25–30 раз до 25 с.е.п. ( в длинноволновой части в 5–10 раз) вблизи максимальной фазы всплеска и был сосредоточен в узком источнике с размерами 2–5 угл. сек. Соответствующие этим характеристикам высокие

яркостные температуры источника в коротковолновой части спектра указывают на нетепловое происхождение излучения. После всплеска поток и пространственная структура активной области в течение 10–15 минут вернулись к своему предвспышечному состоянию.

Изменения в пространственной структуре микроволнового источника во время всплеска отождествлены с компонентами активной области согласно изображениям в ультрафиолетовом диапазоне и в белом свете, полученным по данным AIA и сопоставлены с временным профилем магнитного потока на уровне фотосферы по данным HMI.

#### **Наблюдения и моделирование пространственного распределения и спектра микроволнового излучения активной области NOAA 11734**

***Кальтман Т.И.<sup>1</sup>, Кочанов А.А.<sup>2</sup>, Мышьяков И.И.<sup>2</sup>, Максимов В.П.<sup>2</sup>, Просовецкий Д.В.<sup>2</sup>, Тохчужова С.Х.<sup>1</sup>***

<sup>1</sup> *Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, Санкт-Петербург e-mail: arles@mail.ru*

<sup>2</sup> *Институт Солнечно-Земной физики СО РАН, Иркутск e-mail: kochanov@iszf.irk.ru*

Проведены наблюдения солнечной активной области NOAA 11734 в период 2–5 мая 2013 г. В результате наблюдений получены двумерные изображения распределения параметров Стокса I и V [1] по данным ССРТ на частоте 5.7 ГГц и спектры микроволнового излучения в диапазоне 3–18 ГГц по данным РАТАН-600 [2]. Найдено, что хвостовое пятно активной области имело аномальную инверсную поляризацию, соответствующую обыкновенной моде радиоизлучения, вплоть до 16 ГГц. Для объяснения особенностей радиоизлучения восстановлена структура магнитного поля в нелинейном бессиловом приближении [3], проведено моделирование свободно-свободного и циклотронного радиоизлучения. Построены карты модельного распределения яркостных температур обеих (х,о) мод радиоизлучения, которые повторяют структуру наблюдаемого распределения поляризации во все дни наблюдений. Анализ наблюдательных данных и моделирование радиоизлучения позволяют объяснить наблюдаемые особенности распределения поляризованного излучения в рамках механизма



т.н. «слабого взаимодействия» мод радиоизлучения в квазиперечном магнитном поле над солнечными пятнами.

- [1] Kochanov A.A., Anfinogentov S.A., Prosovetsky D.V. et al. // Publications of the Astronomical Society of Japan, 2013, Vol.65, No.SP1, Article No.S19 pp. 12
- [2] Bogod V.M. // Astrophysical Bulletin, 2011, V. 66, Issue 2, pp.190–204
- [3] Rudenko G.V., Myshyakov I.I. // Solar Physics, 2009, V. 257, Issue 2, pp.287–304

### **Микроволновые наблюдения инверсии знака круговой поляризации излучения активных областей**

***Кальтман Т.И., Тохчукова С.Х., Богод В.М.,  
Коржавин А.Н.***

*Специальная астрофизическая обсерватория, Санкт-Петербург  
e-mail: arles@mail.ru*

Представлены новые возможности автоматического поиска инверсии знака поляризации в базе данных солнечных наблюдений РАТАН-600. Высокое спектральное разрешение инструмента в диапазоне 1.7–10 см (с разрешением 15 угл. сек. на 1.7 см) позволяет диагностировать пространственные и поляризационные особенности излучения плазмы в солнечных активных областях на уровне верхней хромосферы и нижней короны.

Приведены результаты статистического анализа и показаны некоторые примеры наблюдений инверсии знака поляризации с различными характеристиками: положением на диске Солнца и близостью к областям квазиперечного распространения и нейтральным точкам, критической частотой смены знака, шириной частотного диапазона деполяризации. Обсуждается, как изменения структуры поляризации связаны с физическими процессами: взаимодействием мод излучения при квазиперечном распространении, всплытием нового магнитного потока, возможным присутствием токовых слоев и др.

**Динамика вертикального профиля  
температуры внетропических циклонов  
в минимуме солнечной активности**

***Каразанян А.А., Молодых С.И.***

*Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск,  
e-mail: asha@iszf.irk.ru*

На основе данных NCEP/NCAR реанализа проведено исследование распределения температуры с высотой в процессе возникновения и развития циклонов в атмосфере внетропических широт во время фазы минимума солнечной активности. Показана динамика вертикального профиля температуры в течении циклогенезиса в спокойных и возмущенных геомагнитных условиях. Проведен анализ изменения температуры с высотой в зависимости от стадии развития циклонов при разном уровне геомагнитной активности.

**The short periodic variations of the solar rotation in the  
chromosphere and photosphere (1987–1991)**

***Kasinsky V. V.***

*IRGTU, IRKUTSK, e-mail: kasinsvv@yandex.ru*

On the base of heliographic coordinates of the chromospheric flares and sunspots (SG-Data) the angular velocity of chromosphere and photosphere where calculated for the rising part of 11- year cycle (1987–1991). The 585 sunspot group and 20108 flares where used. The coordinates of sunspots where taken from the tables of (Sunspot Groups) and flares from the tables of “H-alpha Solar Flares” [1,2]. Series of coordinates  $\lambda_i(t)$  is approximated by the linear trend which leads to angular velocity of each groups ( $\Omega_s$ ). The same method is applied to the flares. The synodic angular velocity in the photosphere is  $\omega = 13.480 - 2.948 (\sin \phi)^2$ . The synodic angular velocity in the chromosphere is  $\omega = 13.620 - 3.82 (\sin \phi)^2$ . So the differential rotation is strongly in the chromosphere. There is a significant grow of differentiability over 36 solar rotations in the chromosphere. The mean equatorial rotation at the level of chromosphere ( $a = 13.62$  deg /day) and photosphere (13.48 deg /day) are practically coincides. However, the differential coefficients in the chromosphere ( $b = 3.82$  deg /day) are higher, than in the photosphere (2.95 deg /day). The equatorial velocity for N and S -hemispheres are estimated. Comparing of two series  $N(t)$  and  $S(t)$  shows that there is a negative correlation between two

hemispheres. That is the angular momentum is conserved. The idea of torsion oscillation of chromosphere and photosphere are suggested.

- [1] Solar Geophysical Data, Part I (Prompt), NN 521–547; 1987–1991. NOAA, Boulder, Colorado. USA
- [2] Solar Geophysical Data, Part II (Comprehensive reports), NN 518–582, 1987–1991. NOAA, Boulder, Colorado. USA

### **Пространственная анизотропия хромосферных вспышек в системе координат пятен и векторные диаграммы бабочек в циклах Солнца**

*Касинский В.В.*

*Иркутский государственный технический университет, Иркутск,  
e-mail: kasinsvv@yandex.ru*

Субвспышечная активность представляется хаотичной относительно пятен. Для проверки этого проведен анализ собственных положений вспышек в группах пятен за 4 цикла солнечной активности (1935–1976 гг.). Был рассчитан вектор  $R(\varphi, t)$ , который показывает среднее положение вспышек в системе координат группы пятен на данной широте и фазе цикла. Векторные диаграммы  $R(\varphi, t)$  «широта-время» для циклов N17–20, построенные автором [1] по данным [2] (более 48000 вспышек) выявляют новые свойства вспышечного процесса. Векторные диаграммы «бабочек» выделяют два типа направлений. Широтное смещение вспышек имеет «центростремительную» тенденцию, указывая на середину диаграммы бабочек, на «линию Шперера». Центр векторной диаграммы оказывается выделенным самим вспышечным процессом. На линии Шперера  $R = 0$  и он возрастает по мере удаления групп пятен от центра к периферии «бабочки». В случае внутреннего источника энергии (магнитное поле) распределение вспышек при случайном усреднении по всем вспышкам и разного класса группам должно быть изотропным —  $R(\varphi, t) = 0$ . Фактически вектор-диаграмма носит регулярный характер.  $R(\varphi, t)$  в целом не равно нулю по диаграмме. Для объяснения широтной диаграммы «бабочки» предполагается, что от эпицентра диаграммы исходит некоторое возмущение, вызывающее вспышки по достижении заданной широты  $\phi$  на периферии диаграммы-бабочки.

Отдельный вопрос — долготная асимметрия вспышек. Для неё характерны противоположные E-W смещения на высоких и низких широтах.

Дифференциальное вращение Солнца приводит к тому, что высокоширотные группы будут «отставать»,  $\delta phi > 0$ , а низкоширотные – упреждать возмущения,  $\delta phi < 0$ . Противоположные E-W смещения вспышек интерпретируются как эффект аберрации вспышечных возмущений. Угол аберрации  $tg\beta = \delta V/C$ , где  $C$  — скорость вспышечного «агента» а  $\delta V$  — разность скоростей групп на широте  $\phi$  и  $\phi(o)$  — широта центра «бабочки». По эффекту аберрации определена скорость «агента», 1–2 км/с, что характерно для скоростей возбуждения хромосферных волокон по Бруцеку. Из сказанного очевидно, что в «королевской зоне» пятен действует некоторый возмущающий «агент». Центральная зона «бабочки» служит источником такого возмущения.

Принимая во внимание пространственную анизотропию вспышек — векторные диаграммы — следует допустить, что «магнитные модели» вспышек требуют модификации с учетом внешнего источника энергии во вспышках.

- [1] Kasinsky V.V. // Astronomical and astrophysical Transactions, The spatial anisotropy of flares with respect to sunspot groups and vector butterfly diagrams in the solar activity cycles 17–20. Gordon and Breach sci.publish. 1999, v 17, issue 5, p. 341–350.
- [2] Quarterly Bulletin on Solar Activity, Pub. Eidgen SDternwarte in Zurich, UNESCO, 1935–1976

### **Звёзды в эпоху формирования активности солнечного типа**

***Кацова М.М.<sup>1</sup>, Бондарь Н.И.<sup>2</sup>***

<sup>1</sup>*Государственный астрономический институт  
им. П.К. Штернберга, Московский государственный университет  
им. М.В. Ломоносова, Москва, e-mail: maria@sai.msu.ru*

<sup>2</sup>*Крымская астрофизическая обсерватория, Научный, Крым  
e-mail: otbn@mail.ru*

Диаграмма коронального и хромосферного индексов активности свыше 100 звёзд позволяет определить уровни и соотношения между мощностью процессов в этих слоях у звёзд, где возникает активность солнечного типа и появляются регулярные циклы. Это соответствует достаточно высокому уровню активности, который однако ниже уровня насыщения. Эти звёзды на диаграмме располагаются компактно и большинство относятся

к переменным типа ВУ Dra. Проводится анализ степени запятнённости, распределения пятен по поверхности и возникновения циклов. Обсуждается общая физическая причина, приводящая к сохранению углового момента вращения и соответственно высокого уровня активности на протяжении одного-двух миллиардов лет. Для некоторых из этих звёзд сохранение сравнительно быстрого вращения может быть обусловлено двойственностью. Существует также несколько объектов этого типа, характеризующиеся как более высокими, так и более низкими уровнями активности. Данные об обилии лития показывают, что это связано не только с возрастом, но и некоторым различием по спектральным классам. Рассматривается наблюдаемая зависимость между длительностью циклов и периодом осевого вращения. Обсуждается роль крупномасштабного и локальных магнитных полей в формировании активности молодого Солнца.

### Регистрации К-короны в диапазоне $< 1.5 R_{\odot}$

*Ким И.С.<sup>1</sup>, Бугаенко О.И.<sup>1</sup>, Лисин Д.В.<sup>2</sup>, Насонова Л.П.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> ГАИШ МГУ *e-mail: kim@sai.msu.ru*

<sup>2</sup> ИЗМИРАН

Проанализированы достоинства и недостатки существующих затменных и внезатменных методов регистрации электронной составляющей корональной плазмы в диапазоне  $< 1.5 R_{\odot}$ . Предложены два подхода, отличные от классического коронографического, для регистрации коронального континуума в указанном диапазоне. Успехи технологии тонких пленок позволяют обсуждать создание коронографов нового поколения для космических и наземных исследований, первичная оптика которых имеет переменное пропускание по апертуре. Предварительные расчеты показывают, что коронографический фактор такого телескопа может быть на 2–4 порядка выше, чем у классических коронографов Лию. Второй подход основан на использовании полных солнечных затмений на околопланетных орбитах Меркурия, когда инструментальный фон стандартного телескопа будет на 2–3 порядка ниже фона классического коронографа. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта No 14-02-01225.

## Исследование влияния геомагнитной активности на ЭЭГ человека методом рекуррентных диаграмм

*Канунников И.Е.<sup>1,2</sup>, Киселев Б.В.<sup>1,3</sup>*

<sup>1</sup> *Санкт-Петербургский Государственный Университет,  
С.-Петербург*

<sup>2</sup> *e-mail: igorkan@mail.ru*

<sup>3</sup> *e-mail: kiselev\_bv@mail.ru*

В последние годы стали появляться фундаментальные работы, посвященные изучению влияния геомагнитных полей на электроэнцефалограмму (ЭЭГ) человека. Этот факт позволяет ставить вопросы нейробиологических механизмов, лежащих в основе воздействия геомагнитного поля на человека. Исходя из этих соображений, а также того факта, что ЭЭГ очевидно является нелинейным процессом, мы обратились к современному нелинейному методу рекуррентных диаграмм (recurrence plot) и его расширения — количественного рекуррентного анализа (QRA).

С целью анализа ЭЭГ данных нами было осуществлено сопоставление рекуррентных показателей при двух условиях: при низких значениях индекса геомагнитной активности  $A_p$  (0–9) и при высоких его значениях (15 и выше). Сопоставление было сделано для 8-ми используемых в работе рекуррентных показателей для 14 стандартных отведений ЭЭГ по всей совокупности 10 испытуемых, на каждом из которых были выполнены многодневные исследования.

На основании анализа графиков, характеризующих разность между значениями показателя при повышенной геомагнитной активности и при фоновом значении делается вывод о том, характеристики ЭЭГ в какой области мозга значимо изменяются в ответ на повышение геомагнитной активности. Повышение геомагнитной активности сопровождается изменениями рекуррентных характеристик правой височной области, уменьшается показатель, характеризующий скорость разбеганий траекторий, увеличивается детерминистическая составляющая и, в целом, ЭЭГ процесс становится менее хаотическим. Мы полагаем, что реакция височных областей объясняется тесной связью этих регионов с гиппокампом, структурой, связанной в том числе с эмоциональными реакциями. По данным некоторых исследователей, магнетит обнаружен в гиппокампальных структурах человека.

## Поиск хаотичности и детерминизма в индексах аномалии приземной температуры

*Киселев Б.В.*

*Санкт-Петербургский Государственный Университет,  
С.-Петербург, e-mail: kiselev\_bv@mail.ru*

Изменения климата оказывают значительное влияние на состояние природной среды, общества и экономики. Здоровье конкретного человека также во многом зависит от состояния климата и от его резких перестроек. В настоящее время разрабатываются таблицы индексов, которые могут быть использованы для мониторинга климатических изменений как в глобальном масштабе всей Земли, так и на территории страны, и отражения влияния этих изменений на окружающую среду. В изменчивости климата определенную роль играет внутренняя динамика климатической системы Земли и внешние воздействия (например, солнечная активность). Ряды различных индексов нелинейны и нестационарны, поэтому целесообразно оценить хаотическую и детерминистическую составляющих в них. Подобные оценки могут быть полезны при разработке моделей климата и прогноза. В качестве методов исследования будут применены метод рекуррентных диаграмм (recurrence plot), R/S-анализ (показатель Харста), метод Хигучи (определения фрактальной размерности) — удобные инструменты для определения детерминизма и хаоса во временных последовательностях. Обработывались месячные данные температурных аномалий поверхности суши и океана (<http://www.ncdc.noaa.gov>) с 1880 по 2013 годы.

Основные выводы из проделанных исследований состоят в следующем: 1. ряды для аномалий приземной температуры для суши хаотичны, для океана детерминированы, 2. динамика климата южного полушария определяется в основном океаном, для северного полушария роль суши и океана в динамике климата паритетна, 3. в рамках глобальной динамики климата Земли, северное и южное полушария обладают относительной самостоятельностью, 4. полученные результаты могут быть полезны при разработке моделей климата и прогноза.

Подобный эффект различия в рядах аномалий приземной температуры можно объяснить влиянием рельефа различных масштабов на изменчивость значений приземной температуры и разностью термического состояния земной поверхности и поверхности океана.

## Глобальные минимумы солнечной активности в моделях динамо с флуктуирующими параметрами

*Кичатинов Л.Л.*

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

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

Данные о солнечной активности в далеком прошлом показывают, что явления глобальных минимумов с относительно низким уровнем активности характерны для Солнца. Теория объясняет глобальные минимумы флуктуациями параметров солнечного динамо. Модели динамо с флуктуирующими параметрами неплохо воспроизводят статистику глобальных минимумов, определяемых по содержанию космогенных изотопов в природных архивах. Тем не менее, параметрическая модуляция магнитной активности изучена недостаточно. Модели динамо являются численными и неясно какие свойства флуктуирующих параметров определяют получаемые решения. Аналитические решения допускает простейшая модель динамо-волн. Выясняется, что отклик решения на периодические возмущения параметров динамо является плавной функцией частоты возмущений и не содержит избранных частот. Иными словами, в динамо отсутствует параметрический резонанс. Параметрическая модуляция динамо-волн имеет место, но не носит резонансного характера. Нерегулярные, непериодические флуктуации параметров динамо содержат спектр частот. Относительно высокие частоты ( $\nu > 0.1 \text{ год}^{-1}$ ) увеличивают амплитуду динамо-волн, а относительно низкие — уменьшают ее. Стохастический параметрический резонанс также отсутствует.

Учет зависимости турбулентной диффузии от напряженности магнитного поля обнаруживает новое для динамо явление гистерезиса. Имеется два устойчивых решения с различной амплитудой магнитных циклов. Флуктуации параметров приводят к нерегулярным переходам между этими решениями. Такое поведение согласуется с полученными в последнее время свидетельствами о том, что глобальные минимумы являются особым режимом динамо, а не флуктуациями «обычного» режима.



**Определение структуры воздействия проявлений  
космической погоды на верхнюю атмосферу Земли  
по данным торможения ИСЗ**

***Комендант В.Г.<sup>1</sup>, Кошкин Н.И.<sup>2</sup>, Рябов М.И.<sup>3</sup>,  
Сухарев А.Л.<sup>3</sup>***

<sup>1</sup> кафедра астрономии физического факультета ОНУ им. И.И. Мечникова, Одесса, e-mail: vova13666@mail.ru

<sup>2</sup> НИИ «Астрономическая обсерватория» ОНУ им. И.И. Мечникова, Одесса, e-mail: nikkoshkin@yahoo.com

<sup>3</sup> Одесская обсерватория «Уран-4» РИ НАНУ, Одесса, e-mail: mir-astro@mail.ru

Применение метода частотно-временного анализа позволяет выявить детальную структуру проявления влияния состояния космической погоды на верхнюю атмосферу Земли. Чувствительным индикатором таких изменений являются низкоорбитальные искусственные спутники.

Рассмотрена динамика торможения пяти низкоорбитальных спутников как индикаторов проявления влияния космической погоды на верхнюю атмосферу Земли. Исследуемый период который включает: фазы спада и длительного минимума 23-ого цикла солнечной активности (2005–2008 гг), фазы роста и максимума 24-ого цикла активности (2009–2013 гг).

В динамике торможения всех исследуемых ИСЗ отчетливо проявляются регулярные эффекты торможения с продолжительными периодами 2–4 года и короткопериодические эффекты с периодами менее года. Отчетливо проявляются результаты спорадических воздействий рентгеновского и ультрафиолетового излучения мощных солнечных вспышек, потоков электронов и протонов, корональных выбросов массы (СМЕ), ударных волн в солнечном ветре. Исследованы проявления магнитных бурь с внезапным и постепенным началом в динамике торможения спутников. Полученные результаты имеют важное практическое значение для определения комплексного воздействия различных проявлений космической погоды на состояние верхней атмосферы создающие основу для прогнозирования.

## Вероятность импульсного события в радиоуглеродном ряду в VIII-XI веках

*Константинов А.Н., Ковылова Е.Г.*

*СПбГПУ, С.-Петербург, e-mail: ank-astro@yandex.ru*

Данные по относительному содержанию космогенных изотопов в природных архивах являются основным источником информации об интенсивности космических лучей, солнечной активности и геомагнитном поле в прошлом. В кратковременных вариациях находят отражение мощные импульсные события, такие как солнечные вспышки, вспышки близких сверхновых и гамма-всплески.

Недавно в кольцах деревьев был обнаружен пик содержания радиоуглерода в 775 г. [2]. Среди предложенных объяснений основными являются два: сверхмощная солнечная вспышка [5] и галактический гамма-всплеск [4]. Обнаружение подобного пика в 993 г. [3] сильно ослабило позиции данных гипотез из-за слишком большой частоты событий. Более того, нам известен еще один подобный результат [1].

Нами был проведен статистический анализ этих трех временных рядов.

Показано, что радиоуглеродный пик 775 г. принципиально отличается от пиков 993 и 1006 гг., поскольку последние можно объяснить при отсутствии импульсного события.

- [1] Damon P.E. et al. // Radiocarbon, 1995, v. 37, p. 599.
- [2] Miyake F. et al. // Nature, 2012., v. 486, p. 240.
- [3] Miyake F. et al. // Nature Communication, 2013., v. 4, p. 1748.
- [4] Pavlov A.K. et al. // MNRAS, 2013., v. 435, p. 2878.
- [5] Usoskin I.G. et al. // Astron. Astrophys., 2013., v. 552, L3.

## Динамика магнитной полутени стационарных солнечных пятен

*Коржавин А.Н.*

*СПб филиал САО РАН, С.-Петербург, e-mail: kor@saoran.spb.su*

Представляются для обсуждения несколько видеофайлов полного диска Солнца, основанных на наблюдениях продольной компоненты магнитного поля на SDO HMI в 2013–2014 г. Каждый видеофайл охватывает

период наблюдений около 12 часов с шагом между кадрами 15 минут. Обращает на себя внимание богатство движений внутри магнитных полутеней стационарных солнечных пятен. Там постоянно возникают и исчезают субсекундные по размеру магнитные элементы (бомбы Элермана). Все они движутся наружу (течения Эвершеда). Время жизни этих элементов 15–60 минут, а их скорости 2–5 км/сек.

### **Закономерности долготного распределения солнечных пятен в последних 13 минимумах солнечной активности**

***Костюченко И.Г.<sup>1</sup>, Беневоленская Е.Е.<sup>2,3</sup>***

<sup>1</sup> *Научно-исследовательский физико-химический институт им. Л.Я. Карпова, Москва, e-mail: irkost@itep.ru*

<sup>2</sup> *Главная (Пулковская) Астрономическая Обсерватория РАН, Санкт-Петербург, e-mail: benevolenskaya@mail.ru*

<sup>3</sup> *Санкт-Петербургский Государственный Университет, Санкт-Петербург*

На основе каталога солнечных пятен обсерватории Гринвич, продолженного научным центром Маршалла, исследованы закономерности появления на поверхности Солнца пятен в фазе минимумов солнечной активности, начиная с 11 цикла. Оказалось, что во всех рассмотренных солнечных минимумах пятна появляются преимущественно в долгоживущих (как правило, на протяжении всего минимума) центрах активности, которые вращаются со скоростью, примерно соответствующей скорости вращения солнечной поверхности на экваторе.

Эти центры активности имеют тенденцию группироваться в выделенной полосе долгот, создавая более или менее выраженную долготную неоднородность, которая может быть связана с существованием долгоживущего подфотосферного источника магнитных потоков и указывать на формирование в минимумах солнечной активности неосесимметричной компоненты глобального магнитного поля Солнца наряду с дипольной.

Мы предлагаем результаты анализа закономерностей формирования таких долготных неоднородностей в зависимости от уровня средней активности в минимуме. Обсуждается, также, вклад каждого из солнечных полушарий в этот процесс. Проводится сравнение с результатами, полученными ранее на основе магнитографических синоптических карт обсерватории Вилкокса.

## О продолжительности 11-летних циклов солнечной активности

Крамынин А.П., Михалина Ф.А.

*Уссурийская астрофизическая обсерватория, Уссурийск,  
e-mail: a.p.kramynin@mail.ru*

Обсуждаются особенности динамики и взаимосвязи параметров 11-летних циклов, определенных по различным характерным точкам цикла. Определены: реальная (физическая) продолжительность цикла от момента появления первого пятна до момента исчезновения последнего пятна текущего цикла и период следования 11-летних циклов друг за другом по моментам появления первых пятен нового цикла. Такая методика позволила исключить вклад в изменения периода следования циклов эффекты наложения циклов и их асимметрии. Что позволило установить, что продолжительность периода следования 11-летних циклов зависит от фазы векового цикла, а продолжительность четного цикла больше, чем нечетного. Среднее же значение периода следования циклов совпадает с аналогичными значениями, определенными по точкам экстремумов цикла. Изменение продолжительности 22-летних циклов свидетельствует о наличии разрывов вблизи минимума векового цикла. Выявлена тесная связь между продолжительностью ветви спада физического цикла и расстоянием между максимумами соседних циклов. На основе этой связи сделан прогноз 24 цикла солнечной активности.

## Особенности угловой зависимости степени поляризации жесткого рентгеновского излучения из различных частей вспышечной магнитной петли

Кудрявцев И.В.<sup>1,2</sup>, Мельников В.Ф.<sup>2</sup>, Чариков Ю.Е.<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup> ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН, С.-Петербург,  
e-mail: igor.koudriavtsev@mail.ioffe.ru

<sup>2</sup> ГАО РАН, С.-Петербург, e-mail: v.melnikov@gao.spb.ru

<sup>3</sup> СПбГПУ, С.-Петербург, e-mail: y.charikov@mail.ioffe.ru

На основе решения релятивистского кинетического уравнения получены угловые зависимости степени линейной поляризации жесткого рентгеновского излучения (ЖРИ) солнечных вспышек, генерируемого в различных местах вспышечной петли. Рассмотрены два случая нестационарной

инжекции нетепловых электронов в вершине вспышечной петли: изотропный и инжекция в конус, направленный в правое основание петли. Показано, что степень поляризации ЖРИ существенно различается в этих случаях. Особенно стоит отметить различие знаков степени поляризации ЖРИ: в случае изотропной инжекции степень поляризации генерируемого в вершине петли ЖРИ с энергией фотонов 30 кэВ имеет положительный знак и может достигать  $\approx 25\%$  в момент максимума инжекции электронов с показателем энергетического спектра  $\delta = 5$  и угле наблюдения  $90^\circ$ . При продольной инжекции степень поляризации в вершине отрицательна и достигает  $\approx -50\%$ . С удалением от вершины петли поляризация для изотропного случая уменьшается и даже меняет знак, а её максимум может достигаться при углах наблюдения, отличных от  $90^\circ$  в зависимости от расстояния до вершины. При продольной инжекции степень поляризации ЖРИ с энергией фотонов 30 кэВ из правой половины петли плавно уменьшается, а генерируемое в левой половине петли ЖРИ менее поляризовано, чем в правой. При изотропной инжекции распределение степени поляризации относительно вершины симметрично. Таким образом, различия в значениях и угловых зависимостях степени линейной поляризации могут дать указания относительно характера инжекции электронов во вспышечную петлю.

### Уточнение границ и удаление разрывов при оконтуривании слабоконтрастных образований на Солнце

Кудрявцева А.В.<sup>1</sup>, Лубышев Б.И.<sup>1,2</sup>, Максимов В.П.<sup>1</sup>,  
Обухов А.Г.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Институт Солнечно-Земной физики СО РАН, Иркутск*  
*e-mail: lubyshev@iszf.irk.ru*

<sup>2</sup> *Иркутский государственный технический университет, Иркутск*

Процедура сегментации протяженных областей на солнечном диске, слабо отличающихся от «спокойного Солнца» состоит из двух основных этапов:

1. Сглаживание на основе эволюционного фильтра Винера-Тихонова. Этот этап представляет операцию сглаживания аддитивного шума, а также решение обратной задачи для коррекции решения основного интегрального уравнения с учетом диаграммы направленности радиотелескопа [1].

2. Выделение наибольших градиентов относительных яркостей радиоизлучения на основе операторов Собела и Превитта [2].

Применяемые при контрастировании градиентные операторы являются операторами конечных разностей.

Таким образом, задача сегментации радиоизображений методом выделения граничных областей оказывается на стыке операций обработки и распознавания радиоизображений.

Стоит отметить, кроме двух рассмотренных этапов необходимо еще привлечь следующие функциональные алгоритмы:

3. Уточнение границ областей.

4. Удаление разрывов.

Эти алгоритмы рассматриваются в одном контексте с первыми двумя этапами, поскольку они решающим образом влияют на точность формирования границ областей.

Входной информацией для уточнения границ является радиоизображение, полученное после разметки граничных точек. Цель уточнения состоит в формировании граничной линии шириной в один элемент изображения. Этот алгоритм состоит в последовательном подавлении потенциальных граничных точек, не удовлетворяющих условию тонкой линии.

Одним из основных требований к алгоритмам уточнения границ является сохранение непрерывности границ. Вследствие воздействия аддитивного шума (даже небольшой шум может оказать значительное влияние на первую и вторую производные, применяемые для обнаружения перепадов в радиоизображении), непостоянства величины перехода яркости вдоль границ, неверного выбора порога разрывы в контурах все же возникают. Алгоритм связывания контура рассмотрен на основе четырех параметров.

- [1] Кузнецова С.М., Лубышев Б.И., Обухов А.Г, Просовецкий Д.В., Смирнов С.И., Смольков Г.Я.. // Солнечно-земная физика, 2007, Вып. 10, С. 60–68.
- [2] Обухов А.Г, Лубышев Б.И., Максимов В.П., Ретивых В.В. // Труды Всероссийской конференции по солнечно-земной физике, посвященной 100-летию со дня рождения члена-корреспондента РАН В.Е. Степанова, Иркутск, 2013, С. 104–106.

## Две модификации интерферометра Фабри-Перо

*Кулагин Е.С.*

*ГАО РАН, С.-Петербург, e-mail: kulagin@gao.spb.ru*

Разработаны две модификации интерферометра Фабри-Перо, работающие при наклонном падении лучей: интерферометр Фабри-Перо с открытым входом и интерферометр Фабри-Перо с открытым выходом лучей. Окно, без отражающего покрытия, для свободного входа или выхода лучей образуют резкая прямолинейная граница на отражающем слое одной пластины интерферометра, которая имеет коэффициент отражения близкий к единице, и отражение этой границы в другой пластине интерферометра. Необходимая «резкость» результирующей интерференционной картины обеспечивается менее плотным сплошным отражающим слоем пластины.

Важным свойством такого окна для свободного входа лучей в первой модификации является то, что при любом угле падения лучей, после многократных отражений, образуется широкий выходящий волновой фронт, без зазоров и наложений составляющих его частей. Во второй модификации, при открытом выходе лучей, такое окно обеспечивает выход многих наложенных, равных по ширине частей, вырезанных из широкого падающего волнового фронта, так же при любом угле падения лучей на интерферометр.

Формально зависимость интенсивности выходящего излучения от фазы интерференции описываются в двух модификациях одной и той же формулой Эйри обычного интерферометра Фабри-Перо. Отличие состоит только в множителе, отражающем увеличение освещенности интерференционной картины в результате свободного входа или выхода лучей. Но свойства двух модификаций совершенно различаются. Для выяснения этих свойств рассмотрены аналогичные двухлучевые интерферометры.

Интерферометр Фабри-Перо с открытым входом лучей нашел свое применение в Интерференционном спектрографе, где открытый вход многократно повышает освещенность получаемого спектра.

Интерферометр Фабри-Перо с открытым выходом лучей, так же в сочетании с дифракционной решеткой, может быть использован для получения фотометрических разрезов объектов малых угловых размеров. При изменении фазы интерференции, узкая «интерференционная щель» — максимум одного из порядков интерферометра — сканирует наблюдаемый объект. На крупном телескопе с таким интерферометром могут быть измерены угловые размеры и форма звезды в континууме и в отдельных спектральных линиях.

**Возможное влияние климатических факторов на  
реконструкции скорости генерации космогенного  
изотопа  $^{14}\text{C}$  в атмосфере Земли и солнечная активность  
в прошлые эпохи**

***Кулешова А.И.<sup>1</sup>, Дергачев В.А.<sup>2</sup>, Кудрявцев И.В.<sup>2,1</sup>,  
Наговицын Ю.А.<sup>1</sup>, Огурцов М.Г.<sup>2,1</sup>***

<sup>1</sup> ГАО РАН, С.-Петербург, e-mail: *velendia@yandex.ru*

<sup>2</sup> ФТИ им. А.Ф. Иоффе, С.-Петербург,  
e-mail: *igor.koudriavtsev@mail.ioffe.ru*

Реконструкции скорости генерации космогенного изотопа  $^{14}\text{C}$  в земной атмосфере в прошлые столетия позволяют восстанавливать интенсивность галактических космических лучей (ГКЛ). Интенсивность ГКЛ в межпланетном пространстве модулируется межпланетным магнитным полем и, следовательно, солнечной активностью. Поэтому определение скорости генерации изотопа  $^{14}\text{C}$  позволяет проводить реконструкции активности Солнца в прошлом. В качестве основы для расчетов генерации в атмосфере изотопа  $^{14}\text{C}$  используются данные по его относительному содержанию в кольцах деревьев. После образования в атмосфере изотопы  $^{14}\text{C}$  участвуют в обмене между углеродными резервуарами, что будет отражаться в данных по содержанию  $^{14}\text{C}$  в древесине. В работе на основе пятирезервуарной углеродной обменной системы исследованы возможные влияния климатических факторов (вариации концентрации  $\text{CO}_2$  и глобальной температуры) на реконструкцию скорости генерации космогенного изотопа  $^{14}\text{C}$ . В результате численных расчетов показано, что климатические изменения могут влиять не только на временной ход данного параметра, но и на соотношение величин экстремумов. Поэтому для корректной реконструкции солнечной активности в прошлом на основе данных по космогенному изотопу  $^{14}\text{C}$  необходимо учитывать вариации земного климата.



**Спектральные характеристики источников,  
расположенных над нейтральной линией фотосферного  
магнитного поля, и их связь со вспышками**

*Богод В.М.<sup>2</sup>, Курочкин Е.А.<sup>2</sup>, Яснов Л.В.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>СПб ГУ, С.-Петербург, e-mail: 79046155404@yandex.ru

<sup>2</sup>СПбФ САО РАН, С.-Петербург

В данной работе мы анализируем многоволновые спектрально-поляризационные характеристики пекулярных радиоисточников в активных областях, которые располагаются над областью с нейтральной линией фотосферного магнитного поля. Анализ проводился в широком диапазоне волн при использовании многоазимутальных наблюдений (до 32 наблюдений в день) и сопоставления с эруптивными процессами, происходящими в данной активной области (всплески в радиодиапазоне, вспышки в рентгеновском излучении). Отмечены эволюционные особенности свойств спектров радиоизлучения, связанные с восходом нового магнитного потока. Дана возможная интерпретация механизма возникновения пекулярного источника и приведена модель качественно согласующаяся с данными наблюдений.

**Прогноз мощных солнечных вспышек на основе  
микроволновых наблюдений РАТАН-600**

*Богод В.М.<sup>1,3</sup>, Кальтман Т.И.<sup>1</sup>, Коржавин А.Н.<sup>1</sup>,  
Курочкин Е.А.<sup>1</sup>, Петерова Н.Г.<sup>1</sup>, Свидский П.М.<sup>4</sup>,  
Топчило Н.А.<sup>2</sup>, Тохчукова С.Х.<sup>1</sup>, Шендрик А.В.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>СПбФ САО РАН, С.-Петербург, e-mail: stokh@mail.ru

<sup>2</sup>СПб ГУ, С.-Петербург

<sup>3</sup>НИУ ИТМО, С.-Петербург

<sup>4</sup>ИПГ, Москва

Многоволновые спектральные и поляризационные наблюдения РАТАН-600 (с пространственным разрешением 255/f сек. дуги) позволяют проводить диагностику структур и величин корональных магнитных полей активных областей в широком диапазоне высот в короне. На основе регулярных многоазимутальных наблюдений с подробным спектральным анализом параметров Стокса I и V создана многолетняя база данных, которая используется для разработки эффективных критериев прогноза вспышечной активности.

В качестве первого приближения был выбран критерий Танака-Еноме [1], который был модифицирован и показал недостаточную эффективность для вспышечных событий М-класса. Были предложены и другие методы предвспышечного анализа, основанные на частотной и пространственной инверсии знака поляризации, изменения спектрального индекса и др.

Представлены результаты эффективности автоматического прогноза мощных вспышек с использованием TSS/HSS-критериев.

[1] Tanaka H., Enome S., Solar Phys., **40**, 123 (1975).

### **МГД разрывы в солнечных вспышках: непрерывные переходы и нагрев плазмы**

***Леденцов Л.С.<sup>1</sup>, Сомов Б.В.<sup>2</sup>***

*<sup>1</sup>Государственный астрономический институт имени П.К. Штернберга Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, Москва, e-mail: koob@mail.ru*

*<sup>2</sup>Государственный астрономический институт имени П.К. Штернберга Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, Москва, e-mail: somov@sai.msu.ru*

Законы сохранения на поверхности разрыва в идеальной магнитной гидродинамике (МГД) допускают возможность смены типа разрыва при постепенном (непрерывном) изменении условий течения плазмы. При этом должны существовать так называемые переходные решения, удовлетворяющие одновременно двум типам разрывов. На основе полной системы граничных условий для уравнений МГД получен конкретный вид переходных решений, а также выражение, в явном виде описывающее изменение внутренней энергии плазмы, протекающей через разрыв. Это позволяет, во-первых, построить обобщенную схему незапрещенных переходов между МГД-разрывами, а во-вторых, изучить зависимость нагрева плазмы от значений плотности и конфигурации магнитного поля вблизи поверхности разрыва (т.е., от типа МГД-течения). Обсуждается вопрос о нагреве “сверх-горячей” (с электронной температурой больше 10 кэВ) [1] плазмы в солнечных вспышках. Показано, что наилучшие условия для такого нагрева осуществляются в окрестности пересоединяющего токового слоя, вблизи областей обратных токов.

[1] Somov B.V. Plasma Astrophysics, Part II, Reconnection and Flares. Second Edition. (Springer SBM, New York, 2013).

## Магнитные облака и магнитные дыры как типичные МГД структуры в солнечном ветре

*Гриб С.А.<sup>1</sup>, Леора С.Н.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> ГАО РАН, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> СПбГУ, Санкт-Петербург, Россия

Магнитное облако (МО) и стационарная структура с постоянным давлением (PBS) типа магнитной дыры рассматриваются как физически устойчивые плазменные модели в потоке солнечного ветра. Указывается на часто наблюдаемую в потоке перед МО головную ударную волну, резко возмущающую стационарную область плазмы. Кроме того, изучается влияние передней границы МО, представляемой в виде вращательного разрыва, на стационарную магнитосферную головную ударную волну с образованием в магнитослое провала магнитного поля за счёт действия вторичных медленных ударных волн. Утверждается, что солнечные сильные разрывы типа быстрых ударных волн являются триггерами сильных возмущений как PBS, так и магнитосферной головной ударной волны. Предлагается новый механизм возникновения МД в короне Солнца за счёт распада произвольного разрыва при столкновении солнечного вращательного разрыва с МГД неоднородностью плазмы. Используются экспериментальные данные, полученные при полете космического аппарата WIND.

## Новости в изучении солнечного ветра

*Лотова Н.А.<sup>1</sup>, Корелов О.А.<sup>2</sup>, Субаев И.А.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> ИЗМИРАН, Троицк, Москва, e-mail: lotova@izmiran.ru

<sup>2</sup> НИРФИ, Нижний Новгород, e-mail:

<sup>3</sup> ПРАО ФИАН, Москва, e-mail:

Изучение солнечного ветра радиоастрономическими методами развивалось нами в последние годы в направлении освоения всё более удалённых от Солнца областей межпланетной среды. В 2013 году они были распространены до расстояний  $R \simeq 130R_S$ . В результате, в солнечном ветре установлено существование последовательности четырех этапов ударного ускорения потока солнечного ветра с выходом на другой, инерционный режим течения на расстоянии от Солнца  $R \leq 100R_S$ . Эти данные существенно изменили теоретические представления о механизмах ускорения

солнечного ветра, поскольку установленные четыре этапа ударного ускорения солнечного ветра не укладываются в рамки существующей асимптотической теории с тремя этапами ударного ускорения потока. В этой связи нами предложена другая модель, основанная на независимой от солнечной короны, повторной генерации волновых процессов в межпланетной среде.

### Направленность жесткого рентгеновского излучения из различных частей вспышечной петли

Мельников В.Ф.<sup>1</sup>, Чариков Ю.Е.<sup>2,1,3</sup>, Кудрявцев И.В.<sup>2,1</sup>

<sup>1</sup> ГАО РАН, С.-Петербург, e-mail: v.melnikov@gao.spb.ru

<sup>2</sup> ФТИ им. А.Ф. Иоффе, С.-Петербург,  
e-mail: igor.koudriavtsev@mail.ioffe.ru

<sup>3</sup> СПбГПУ, С.-Петербург, e-mail: y.charikov@yandex.ru

Проведено численное моделирование направленности жесткого рентгеновского (ЖРИ) и гамма-излучения солнечных вспышек, генерируемого в различных частях вспышечной петли, на основе решения кинетического уравнения для релятивистских электронов, длительно (десятки секунд), но нестационарно инжектируемых в петлю. Рассмотрены два случая инжекции электронов в вершине петли: 1) изотропная и 2) анизотропная, направленная в правое основание петли. Показано, что характер направленности ЖРИ кардинально отличается для этих двух случаев.

При изотропной инжекции максимум интенсивности излучения с энергиями фотонов в сотни кэВ из верхней части петли достигается при углах наблюдения  $90^\circ$ . Для энергетического спектра электронов с  $\delta = 3$  направленность достигает значений  $D = 2 - 3.5$  для энергий фотонов  $\epsilon = 100$  кэВ и  $D = 10 - 15$  для  $\epsilon = 300$  кэВ. На низких энергиях фотонов излучение из вершины может смениться на продольную для мягких спектров электронов ( $\delta = 5$ ).

В случае продольной инжекции направленность излучения имеет различный характер для правой и левой половины петли и существенно меняется во времени. Так для жесткого спектра электронов с  $\delta = 3$  в момент максимума инжекции направленность излучения с энергиями фотонов сотни кэВ, генерированного в правой половине петли, имеет максимум при угле наблюдения  $0^\circ$ . На графиках направленности появляются локальные максимумы, связанные с излучением отраженных электронов. Для более мягких спектров электронов доля умеренно-релятивистских электронов

меньше, и потому локальные максимумы направленности проявляются слабее.

Установленные различия в свойствах направленности ЖРИ позволят определить характер инъекции электронов во вспышечную петлю при проведении соответствующих наблюдений.

### **Долготная неоднородность генерации тороидального магнитного поля Солнца**

***Мерзляков В.Л., Старкова Л.И.***

*ИЗМИРАН, Москва, г.о. Троцк, e-mail: mvl@izmiran.ru*

Исследовалась долготная неоднородность напряженности тороидального магнитного поля в области генерации. Для этой цели использовались данные о мощностях локальных источников крупномасштабного магнитного поля, которые, как предполагается, наиболее адекватно отражают ситуацию в изучаемой области. Сами данные были получены из модельных построений шлемовидной структуры короны. Модельные расчеты показали, что в периоды низкой солнечной активности существуют устойчивые долготные вариации мощностей локальных источников. Характерной особенностью такой вариации является наличие одного максимума и антиподального ему минимума. Для величин напряженностей тороидального магнитного поля различие между указанными экстремумами составляет от 40% до 90%. Кроме того, было установлено долготное совпадение максимумов и минимумов в полусферах, что указывает на синхронность генерации тороидального магнитного поля по всему Солнцу. Но при этом не исключена возможность отличий средних напряженностей генерируемого поля в полусферах, для средних широт найдена граничная оценка такого рода отличий в 30%.

## Магнитный источник активной области с протуберанцем

*Мерзляков В.Л.*

*ИЗМИРАН, Москва, г.о. Троцук, e-mail: mvl@izmiran.ru*

Предлагается объяснение наблюдаемому феномену ориентации магнитных силовых линий в районе нейтральной поверхности, где формируется протуберанец. Показано, что такая структура силовых линий является проявлением асимметрии в конфигурации магнитных гармоник источника магнитного поля активной области. Асимметрию создает компонента октупольной гармоники  $Q_t$ , перпендикулярная дипольной гармонике. Модельные расчеты показали, что получение картины силовых линий, соответствующей наблюдаемой, достигается при условии доли компоненты  $Q_t$  не менее 50% от компоненты  $Q_p$  вдоль дипольного момента. Верхнее ограничение на величину  $Q_t$  было получено в результате анализа динамики уплотнение плазмы к нейтральной поверхности. Оказалось, что уплотнение остается достаточно эффективным для формирования протуберанца, когда доля  $Q_t$  не превосходит 90% относительно  $Q_p$ . Таким образом, установлено, что магнитный источник активной области имеет значимую перпендикулярную дипольному моменту компоненту  $Q_t$ , величина которой лежит в пределах  $Q_t/Q_p = 0.5 - 0.9$ .

## Амплитудно-временные взаимосвязи на различных широтах в 11-летнем цикле солнечной активности

*Милецкий Е.В., Иванов В.Г.*

*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН*

По данным за 12–23 циклы исследованы взаимосвязи амплитуд 11-летних циклов с длинами временных интервалов, определяющих расположение кривой средних широт на оси времени относительно циклических минимумов и максимумов.

Показано, что величина взаимосвязей сильно зависит от широты и максимальна на широтах 15 и 20 градусов. Это позволяет строить амплитудно-временные зависимости, основанные на этих взаимосвязях, зная лишь моменты достижения среднеширотной кривой 20-ти и/или 15-ти градусных широтных уровней.

Установлено, что наиболее тесная взаимосвязь парциальных (широтных) значений индекса числа групп с амплитудой цикла существует на высоких и средних широтах. На низких широтах эта связь теряется, что

служит подтверждением того, что в 11-летнем цикле уровень активности на фазе спада (для широт  $<12^\circ$ ) не зависит от амплитуды этого цикла, а определяется лишь текущим значением средней широты.

Для 12–23 циклов найдена взаимосвязь (коэффициент корреляции  $R = 0.88$ ) между уровнем активности на низких широтах текущего 11-летнего цикла и амплитудой последующего. По соответствующему уравнению регрессии сделана оценка GSN-амплитуды 24-го цикла ( $GSN_{max}(24) = 89$ ).

### **Переполюсовки полярного магнитного поля Солнца, амплитуды 11-летних циклов и особые точки широтных характеристик солнечных пятен**

***Милецкий Е.В., Иванов В.Г., Наговицын Ю.А.***

*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН*

Исследованы взаимосвязи между амплитудами 11-летних циклов пятенной активности и длинами временных интервалов, определяемых по расположению в цикле моментов переполюсовок полярного магнитного поля и интервалов, образуемых с помощью особых моментов (точек) широтных характеристик солнечных пятен.

Показано, что амплитуда 11-летнего цикла хорошо связана с длиной интервалов, ограниченных моментом, в который кривая средних широт пересекает широту 15 градусов. Установлено также наличие взаимосвязей между длинами различных временных интервалов.

На основе найденных взаимосвязей, составлены: а) уравнения регрессии, позволяющие вычислять моменты переполюсовки диполя на основе информации об особых точках (моментах) пятенной активности с включением (и без включения) в них данных об амплитуде соответствующего цикла; б) уравнения регрессии, дающие возможность определить амплитуду цикла по данным о моментах переполюсовок полярного магнитного поля и особых точках широтных пятенных характеристик. Эти соотношения использованы для определения момента переполюсовки диполя в 24-м цикле, а также амплитуды этого цикла.

Получено уравнение регрессии, дающее возможность по информации о моментах переполюсовок в (n)-м 11-летнем цикле за несколько лет до его минимума оценивать амплитуду следующего (n+1)-го пятенного цикла.

## Свойства развития потоков частиц солнечных космических лучей

*Минасянц Г.С., Минасянц Т.М.*

*Астрофизический институт им. В.Г. Фесенкова, Алматы,  
Казахстан*

Проведено исследование развития событий солнечных космических лучей 23-го цикла активности с помощью энергетических спектров ионов  $H, He, C, O$  и  $Fe$  с временным разрешением 1 час. Используя данные от ACE, WIND и GOES в широком интервале энергий частиц (0.04–287.23)  $MeV/n$ , выявлено существование возмущенной и спокойной стадий в развитии потоков солнечных космических лучей. Типичной формой энергетических спектров для возмущенной стадии является присутствие искажений в виде куполов и дугообразных изгибов. Эти искажения характеризуют поэтапный приход ускоренных частиц разных энергий в процессе развития вспышечного потока. Спокойная стадия потоков имеет гладкие кривые спектра энергии, которые характеризуют постепенное уменьшение количества вспышечных частиц до фоновых значений. Спектры энергии с временным разрешением 1 час позволяют получить свойства потоков ускоренных частиц на ударном фронте коронального выброса, сопровождающего развитие вспышки.

## О значительном влиянии градиентов магнитного поля и лучевой скорости на эффективные глубины отклика крыльев спектральных линий

*Можаровский С.Г.*

*Уссурийская Астрофизическая обсерватория ДВО РАН. Уссурийск,  
Россия, e-mail: sw@newmail.ru*

На основе численных расчетов изучено влияние величины и знака градиента магнитного поля на изменения ширины профилей магнитоактивных линий. Отрицательный градиент, обычный для тени солнечных пятен, когда поле убывает в направлении от центра к поверхности (вверх), приводит к «растяжению» крыла магнитоактивной линии (величина производной  $dI/d\lambda$  вдоль всего крыла становится меньше). При росте положительного градиента (поле убывает вниз) крыло сначала стягивается, а затем снова начинает растягиваться. То есть, ширина профиля в его верхней части растет при больших значениях положительного градиента, что отражает рост эффективного значения магнитного поля. Наглядно



это можно представить как смещение (или «притяжение») эффективно-го уровня отклика внешних участков профиля к тем слоям фотосферы, где магнитное поле принимает максимальные значения. Анализ функций отклика (RF) ширины профиля на изменения напряженности магнитного поля подтверждает это представление.

При значительном увеличении магнитного поля (или лучевой скорости) в верхних слоях фотосферы возможна даже ситуация инверсии, когда эффективная высота отклика участков крыла линии становится выше, чем эффективная высота отклика центральных частей линии. Такая инверсия противоречит привычным представлениям о том, что ядро линии образуется в более высоких слоях, чем крылья. Это должно приниматься во внимание при интерпретации наблюдений, например, при задании начальных условий для процедур SIR.

Таким образом, выяснено, что изменения градиентов магнитного поля и лучевой скорости в процессе турбулентных и колебательных движений значительно меняют глубины в фотосфере, с которых линия доносит информацию до исследователя.

#### **Анализ распределения степени поляризации вдоль солнечных вспышечных петель в событии 19 июля 2012 года**

***Кузнецов С.А.<sup>1,2</sup>, Моргачев А.С.<sup>1,2</sup>, Мельников В.Ф.<sup>2</sup>***

<sup>1</sup> *ФГБНУ Научно-исследовательский радиофизический институт,  
Нижний Новгород, e-mail: a.s.morgachev@mail.ru*

<sup>2</sup> *Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,  
Санкт-Петербург, e-mail: v.melnikov@gao.spb.ru*

Проанализировано распределение степени круговой поляризации вдоль солнечной вспышечной петли в событии 19 июля 2012 года, используя данные радиогелиографа Нобейма (NoRH). Обнаружены две одновременно наблюдаемых вспышечных петли, расположенных одна над другой. Установлено, что знак степени поляризации в области оснований петель остается постоянным ( $R-L < 0$ ) на протяжении всего всплеска. В верхней части каждой из петель знак поляризации обратный по отношению к основаниям ( $R-L > 0$ ) и также не меняется со временем. В двух противоположных ногах петель динамика поляризации — противоположна. От фазы роста до фазы спада радиовсплеска степень поляризации меняется с отрицательной на положительную в северной ноге петли и с положительной на отрицательную в южной. На основе моделирования кинетики нетепловых

электронов и расчета их гиротронного излучения для петли изогнутой формы и произвольной ориентации предложено объяснение подобного поведения поляризации.

**Дифференциальная мера эмиссии, полученная  
в результате комбинирования  
RHESSI, SDO/AIA наблюдений**

***Моторина Г.Г.<sup>1,2</sup>, Kontar E.P.<sup>2</sup>***

<sup>1</sup> *Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,  
Санкт-Петербург, e-mail: g.motorina@yandex.ru*

<sup>2</sup> *School of Physics and Astronomy, University of Glasgow, Glasgow,  
UK, e-mail: Eduard.Kontar@glasgow.ac.uk*

Для решения ряда задач по физике Солнца, связанных с механизмами энерговыделения в короне, необходимо знание параметров горячей плазмы солнечной короны, таких как ее плотность, распределение по энергии, мера эмиссии, дифференциальная мера эмиссии, а также их эволюции во времени. Особый интерес представляет распределение солнечной плазмы, которое в процессе вспышки может эволюционировать от распределения Максвелла до имеющего более сложную структуру. Точная форма этого распределения на низких энергиях, где происходит основное энерговыделение, мало изучена, поэтому целью исследования является изучение этого процесса. Зная, что основным источником информации о горячей корональной плазме является крайний ультрафиолет и мягкое рентгеновское излучение, были взяты данные с двух наблюдательных аппаратов SDO/AIA, RHESSI.

**Северо-южная асимметрия солнечной активности  
на длительной временной шкале**

***Наговицын Ю.А., Кулешова А.И.***

*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН*

На основе использования косвенных источников данных произведена реконструкция поведения северо-южной асимметрии пятнообразования за период более тысячи лет. Рассмотрены вековые вариации асимметрии и их связь с аналогичными вариациями солнечной активности.

## Предельно высокие значения уровня солнечной активности на длительных временах

Наговицын Ю.А.<sup>1</sup>, Обриджо В.Н.<sup>2</sup>, Кулешова А.И.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,  
Пулковское шоссе 65, Санкт-Петербург, 196140 Россия

<sup>2</sup> Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн РАН, Троицк, Московская обл., 142190 Россия

На основе рассмотрения наблюдательных проявлений  $\alpha$ - и  $\omega$ -эффектов теории динамо, а также модифицированного правила Вальдмайера показано, что предельное значение среднегодового числа Вольфа в максимуме 11-летнего цикла на 10000-летнем временном интервале имеет верхний предел  $\sim 230$ – $240$ . Близкие значения получены также при рассмотрении вероятности высоких значений солнечной активности с использованием реконструкции ее изменений на трехтысячелетнем временном интервале (Usoskin et al., 2014). Как дополнительный результат получено, что прогнозное значение максимума 24-го цикла солнечной активности составляет при 95%-м уровне достоверности  $W_M = 72 - 132$  единиц чисел Вольфа.

## Магнитное поле и площадь солнечных пятен

Наговицын Ю.А.<sup>1</sup>, Певцов А.А.<sup>2</sup>, Осипова А.А.<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup> National Solar Observatory, Sunspot, NM 88349, U.S.A.

Показано, что различные предложенные ранее формулы связи напряженности поля пятен и их площади в статистическом смысле незначительно отличаются друг от друга. Для анализа, как и ранее, выбрана одна из них:  $H = A + B \times \log S$ . Показано, что коэффициент корреляции  $k$  и параметры  $A$  и  $B$  в ней для выборки 2012–2013 гг. слабо изменяются для гелиоцентрических углов менее  $60^\circ$  и, наоборот, резко и статистически значимо изменяются для  $\theta > 60^\circ$ , так что  $A$  растет,  $B$  падает, а  $k$  уменьшается от значений 0.75–0.80 до 0.40.

По выборке 1994–2013 гг., содержащей значения  $H$  и  $S$  всех пятен, наблюдаемых в центральной зоне при  $\theta < 13.5^\circ$ , получено соотношение  $H = (778 \pm 46) + (778 \pm 25) \times \log S$ ,  $k = 0.78$ .

Показано, что теснота зависимости  $H$  vs  $S$  в разные годы рассмотренного 20-летнего интервала была разной: коэффициенты корреляции для различных фаз 11-летнего цикла изменялись в пределах  $k = 0.78 \div 0.91$ , при этом наблюдалось резкое уменьшение коэффициента  $A$  после 2001 г. Это может свидетельствовать о вековых изменениях физических свойств солнечных пятен, в том числе в связи с возможным приближением грандиозного минимума.

В двухпараметрическом виде подтверждено, что существуют две популяции: «мелких» и «крупных» пятен соответственно. При этом их площади распределены логнормально, а напряженности магнитного поля – нормально. Популяции разделены значениями  $S = 40$  м.д.п. и  $H = 2000$  Гс. Значения магнитного потока пятен также образуют два логнормальные распределения.

### **Концепция «Солнечная корона как источник солнечного ветра» в свете современных наблюдений**

*Никольская К.И.*

*ИЗМИРАН, Москва*

Анализ результатов наблюдений солнечной короны с помощью телескопов TRACE и SOHO и измерений скоростей потоков солнечного ветра в рамках проектов Ulysses/SWOOPS и дистанционных IPS-наблюдений приводит к заключению о том, что солнечная корона не может быть источником Солнечного ветра. Более того, существуют наблюдения свидетельствующие о том, что сама корона образуется в результате захвата замкнутыми магнитными полями Солнца непрерывных быстрых потоков фотосферной плазмы.

**О возможном вкладе вариаций приземной температуры  
в концентрацию радиоуглерода в атмосфере Земли**

***Огурцов М.Г.<sup>1,2</sup>, Дергачев В.А.<sup>1</sup>, Кудрявцев И.В.<sup>1</sup>,  
Наговицын Ю.А.<sup>2</sup>, Остряков В.М.<sup>3</sup>***

<sup>1</sup> *Физико-Технический институт им. Иоффе, С.-Петербург,  
e-mail: maxim.ogurtsov@mail.ioffe.ru*

<sup>2</sup> *Главная Астрономическая обсерватория, Пулковое, С.-Петербург*

<sup>3</sup> *СПбГПУ*

Данные по концентрации космогенного изотопа  $^{14}\text{C}$  в земной атмосфере в настоящее время активно используются для реконструкции активности Солнца в прошлые эпохи. Изотоп  $^{14}\text{C}$  образуется в атмосфере Земли под действием частиц космических лучей, которые модулируются в гелиосфере солнечной активностью. Однако, на концентрацию этого изотопа в атмосфере и кольцах деревьев могут влиять не только космические, но и климатические факторы. В работе рассмотрено возможное влияние на концентрацию  $^{14}\text{C}$  в атмосфере вариаций приземной температуры Земли на временном интервале 1511–1954 гг. Показано, что учет влияния температурных изменений на: (а) скорость обмена радиоуглеродом между атмосферой и океаном, и (б) концентрацию  $\text{CO}_2$  в атмосфере Земли, способен улучшить согласие расчётных кривых  $^{14}\text{C}$  с экспериментальной. Получены дополнительные свидетельства того, что спад содержания углекислого газа в земной атмосфере может быть связан с поглощением  $\text{CO}_2$  поверхностным слоем океана при его охлаждении. Обсуждены направления дальнейших исследований

**Трёхвековой солнечный цикл**

***Огурцов М.Г.<sup>1,2</sup>***

<sup>1</sup> *Физико-Технический институт им. Иоффе, С.-Петербург,  
e-mail: maxim.ogurtsov@mail.ioffe.ru*

<sup>2</sup> *Главная Астрономическая обсерватория, Пулковое, С.-Петербург*

Исследованы реконструкции солнечной активности, полученные с помощью космогенных изотопов  $^{14}\text{C}$  и  $^{10}\text{Be}$  и охватывающие последние 9000. Показано, что в этих временных сериях присутствует значимая трёхвековая (период 300–400 лет) временная вариация. Свидетельства существования подобной вариации обнаружены и в данных по потоку  $^{10}\text{Be}$ , измеренному в скважинах Две-3 (южная Гренландия, 1424–1985) и NGRIP

(центральная Гренландия, 1389–1994). Обсуждены возможные причины возникновения этой периодичности.

### Эволюция конвективной зоны и содержания лития на Солнце

*Орешина А.В.<sup>1,2</sup>, Батулин В.А.<sup>1,3</sup>, Горшков А.Б.<sup>1,4</sup>*

<sup>1</sup>*Государственный астрономический институт  
им. П.К. Штернберга Московского Государственного  
Университета им. М.В. Ломоносова, Москва.*

<sup>2</sup>*e-mail: avo@sai.msu.ru*

<sup>3</sup>*e-mail: vab@sai.msu.ru*

<sup>4</sup>*e-mail: gorshkov@sai.msu.ru*

Рассматривается эволюция лития в конвективной зоне Солнца для объяснения его наблюдаемого низкого содержания. Горение лития интенсивно происходит на ранней стадии с момента образования лучистого ядра, и далее его содержание медленно уменьшается на главной последовательности (ГП). Мы изучаем соотношение долей выгорания лития на этих двух этапах.

В классической модели Солнца, не учитывающей конвективное перемешивание (овершутинг) под дном конвективной зоны, содержание лития мало изменяется на стадии ГП. В этом случае низкое наблюдаемое содержание лития на Солнце можно объяснить его горением до стадии ГП.

Новые данные гелиосейсмологии указывают на наличие области овершутинга толщиной порядка половины шкалы давления, что составляет 3.8% радиуса Солнца. В этом случае литий может гореть на стадии ГП, причём его современное обилие сильно зависит от строения данной области.

**О возможности измерения коэффициента  
питч-углового рассеяния вблизи  $\theta = 90^\circ$**

*Остряков В.М.*

*СПбГПУ, С.-Петербург, e-mail: valery.ostryakov@mail.ioffe.ru*

Известно, что квазилинейная теория питч-углового рассеяния частиц МГД-турбулентностью имеет особенности вблизи питч-углов  $\theta = 90^\circ$ . В работе предложен простой способ измерения коэффициента питч-угловой диффузии в этой области, который основан на регистрации анизотропии потока обратно-рассеянных вспыхивающих частиц. Это обусловлено взаимным геометрическим расположением области вспышки, части архимедовой спирали, по которой распространяются вспыхивающие частицы, и регистрирующего прибора. Наиболее надёжно эта схема может работать для протонов от распада солнечных нейтронов для окололиम्бовых вспышек. В этом случае будут регистрироваться частицы (главным образом, протоны), испытавшие обратное рассеяние вблизи  $\theta = 90^\circ$ , тогда как интенсивность частиц прямого потока будет сильно ослаблена. Измерение временного хода анизотропии частиц в такой геометрии (при известном источнике) позволит выбрать наиболее адекватную модель рассеяния частиц вблизи  $\mu = 0$ .

**Обнаружение в атмосфере Солнца по наземным  
и космическим данным пространственных структур  
в масштабах, превышающих размеры супергрануляции**

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

*ГАО РАН, С.-Петербург, e-mail: parfinenko@mail.ru*

Перенос энергии в атмосфере Солнца проявляется в организации дискретных масштабов термогравитационной конвекции. Масштабы и динамика иерархических конвективных структур на Солнце являются на сегодняшний день одной из актуальнейших проблем солнечной физики. Используя фильтрограммы в линии CaII телескопа PSPT (Precision Solar Photometric Telescope) и ультрафиолетовые фильтрограммы AIA (Atmospheric Imaging Assembly) космической обсерватории SDO (Solar Dynamics Observatory) в полосе 1600Å и применяя методы двумерного Фурье преобразования к фильтрограммам и одномерного вейвлет-преобразования к произвольно выбранным разрезам по ним, мы получили достоверные свидетельства существования в солнечной атмосфере структурных элементов в масштабах около 100–120 и 250–350 угловых секунд

(т.е. 72–90 и 100–250 Мм). Данный результат находится в качественном согласии с недавними работами Хатавея [1] о динамике крупномасштабных течений на Солнце.

[1] Hathaway, David H.; Upton, Lisa; Colegrove, Owen // eprint arXiv:1401.0551

### **Ускорение и распространение солнечных космических лучей**

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

<sup>1</sup>*Институт астрономии РАН, Москва, e-mail: podgorny@inasan.ru*

<sup>2</sup>*Физический институт РАН им. П. Н. Лебедева, Москва,  
e-mail: podgorny@lebedev.ru*

Анализ потока релятивистских протонов, представленный авторами на Пулковской конференции в 2008 г., показал, что протоны, приходящие к Земле непосредственно после вспышки и приходящие через десятки часов генерируются при распаде токового слоя. Приведенные в докладе анализ данных космических аппаратов GOES для энергий 10 – 100 МэВ демонстрирует приход к Земле быстрой компоненты протонов высокой энергии от вспышки, происшедшей на западной части солнечного диска, с пролетным временем, а протоны, пришедшие от вспышки на восточной части диска, начинают регистрироваться с запаздыванием более трех часов. Частицы быстрой компоненты распространяются вдоль магнитной линии спирали Архимеда, которые связывают вспышку с Землей. Как показали работы Э. Вашенюка и Ю. Балабина, аналогичным образом ведут себя частицы с энергией 10 ГэВ, регистрируемые нейтронными мониторами. Быстрая компонента не регистрируется аппаратами GOES от вспышек, произошедших на восточной части солнечного диска. Частицы от вспышек, произошедших на восточной части солнечного диска, не попадают на линию магнитного поля, связывающую вспышку с Землей. Эти частицы достигают Земли, перемещаясь поперек межпланетного магнитного поля. Захваченные магнитным полем частицы переносятся солнечным ветром, благодаря вмерзности межпланетного магнитного поля в плазму, и диффундируют поперек поля. Длительность запаздывающей компоненты достигает нескольких суток. Ускорение всех протонов происходит во вспышке единым механизмом. Численное моделирование появления токового слоя и ускорения в нем протонов полем Лоренца вдоль особой линии



токового слоя показало, что спектр ускоренных протонов совпадает с вычисленным спектром при скорости пересоединения в токовом слое  $\sim 2 \times 10^7$  см/с

### **Наблюдательные проявления электрических токов в К-короне**

***Попов В.В., Ким И.С.***

*ГАИШ МГУ, Москва, e-mail: vpopov@sai.msu.ru*

Представлены двумерные распределения отклонений плоскости линейной поляризации от тангенциального к лимбу Солнца направлению (угла  $\chi$  и знака  $\chi$ ) излучения коронального континуума в диапазоне  $< 1.5 R_{\odot}$ . Полученные распределения выявляют неоднородную структуру по величине и знаку угла, отличную от ожидаемой для томсоновского рассеяния на покоящихся электронах. Крупномасштабные области одной полярности, охватывающие  $3 - 45^{\circ}$  по гелиошироте, сменяются областями противоположной полярности. Полярность «мелкомасштабных» структур размером  $< 30''$  противоположна полярности крупномасштабной области, в которую они погружены. Интерпретация в рамках рассеяния фотосферного континуума на движущихся электронах позволяет объяснить наблюдаемую картину существованием тангенциальных электрических токов. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта No 14-02-01225.

**Уравнение Гамильтона-Якоби для двухмерной модели  
альфа-омега динамо с меридиональной циркуляцией**

***Попова Е.П.<sup>1,2</sup>, Юхина Н.А.<sup>1,3</sup>***

<sup>1</sup> МГУ, Москва

<sup>2</sup> e-mail: *popovaelp@mail.ru*

<sup>3</sup> e-mail: *horicovaelena@mail.ru*

Солнечная магнитная активность связана с распространением магнитогидродинимической волны от средних широт к экватору, генерация которой осуществляется за счет совместного действия дифференциального вращения и альфа-эффекта. Такой процесс описывается уравнениями динамо среднего поля, которые в случае двухмерной (радиус — широта) модели довольно сложны для численного исследования. Одним из способов исследования таких уравнений является асимптотический метод, являющийся разновидностью метода ВКБ. Решение уравнений динамо, описывающих эволюцию магнитных полей в зоне генерации, представимо в виде ряда по степеням динамо-числа, в которое входят амплитуды альфа-эффекта и дифференциального вращения. Для исследования периода цикла достаточно использовать первое приближение. Для системы уравнений динамо строится уравнение Гамильтона-Якоби, исследуя которое, можно получить период цикла магнитной активности.

В работе были получены уравнения двухмерного альфа-омега динамо Паркера, содержащие меридиональную циркуляцию. Для такой системы уравнений было построено уравнение Гамильтона-Якоби, анализ которого позволил оценить зависимость периода солнечного цикла и поведения магнитного поля от сложных двухмерных потоков вещества.

Работа поддержана грантами Российского фонда фундаментальных исследований 12-02-00170, 12-02-00884.

**«Неприличные» вопросы к теории вспышечного  
энерговыделения: перегрев токового слоя  
и неравновесность предвспышечного состояния  
магнитного скелета над активной областью.**

***Пустильник Л.А.<sup>1,2</sup>***

<sup>1</sup> *Israel Cosmic Ray and Space Weather Center of Tel Aviv University and  
Israel Space Agency, Tel Aviv, e-mail: levpust@post.tau.ac.il*

<sup>2</sup> *University ITMO, St.-Petersburg*

Общепринятая на сегодня теория вспышечного энерговыделения содержит внутренние противоречия, обусловленные чересчур упрощенным пониманием процессов в турбулентной плазме.

Так, апелляция к необходимости обязательной раскачки мощной плазменной турбулентности для обеспечения аномально высокого электрического сопротивления в токовом слое вступает в противоречие с жестким пороговым условием, необходимым для раскачки и поддержания такой турбулентности: токовая скорость электронов должна превышать пороговое значение, определяемой тепловой скоростью электронов в плазме слоя. В результате аномальный нагрев, идущий на временах ионных плазменных или ларморовских колебаний, подавляет неустойчивость и само выключается в самом начале. Этот фундаментальный парадокс перегрева, сформулированный еще в 80-е годы [1] в подавляющем большинстве моделей вспышечного энерговыделения практически игнорируется, что делает предлагаемые модели малодостоверными. Возможное решение парадокса может быть связано с рассмотрением токового слоя как динамической резисторной сети с локальными сопротивлениями, скачкообразно зависящими от плотности тока, с распределением тока динамически перестраивающимся под постоянно меняющееся распределение сопротивлений в сети.

Другим примером внутреннего противоречия в существующих подходах к предвспышечному равновесию является наличие тонкой структуры магнитного скелета в атмосфере над активной областью. Эта структура состоит из многочисленных (десятки-сотни) магнитных жгутов ПОСТОЯННОГО сечения (и следовательно постоянного поля) на всем протяжении от фотосферы к короне. На корональном уровне магнитный поток в тонкой структуре магнитного скелета сравним с интегральным потоком, распределенным в объеме между магнитными жгутами. При этом магнитная энергия, содержащаяся в магнитном скелете на корональном уровне, превышает энергию фонового поля. Такая конфигурация заведомо не является классической бессиловой и элементы тонкой структуры экранированы токами в тангенциальных разрывах поля [2]. В результате глобальное равновесие принимает динамический характер с наличием сильного взаимодействия между соседними элементами магнитного скелета и натяжением внутри элемента, вызванным вмороженностью магнитных полей в основании магнитных жгутов в проводящую массивную фотосферу.

[1] Pustilnik L.A. // Soviet Astronomy, 1980S, V. 24, p. 47

[2] Rappazzo A.F. and Parker E.N. // The Astrophysical J. Lett., 2013, V. 773, p. L2

**Нестандартные особенности 23-24 циклов солнечной  
активности и смена адаптационной реакции  
биообъектов различных уровней организации  
в 2004–2006 годах**

*Рагульская М.В.<sup>1</sup>, Обриджо В.Н.<sup>1</sup>, Руденчик Е.А.<sup>1</sup>,  
Громозова Е.Н.<sup>2</sup>, Самсонов С.Н.<sup>3</sup>, Паршина С.С.<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>*Институт земного магнетизма и распространения радиоволн  
РАН, Россия, Москва, e-mail: ra\_tary@mail.ru*

<sup>2</sup>*Институт микробиологии НАНУ Украины, Украина, Киев*

<sup>3</sup>*Институт космофизических исследований и аэронауки СО РАН,  
Россия, Якутск*

<sup>4</sup>*Саратовский государственный медицинский университет, Россия,  
Саратов*

В докладе обобщены результаты мониторинговых исследований влияния космической погоды на биосферные процессы различных уровней организации за 2000–2013 годы. Данные по ежедневным психофизиологическим характеристикам фиксированной группы обследуемых предоставлены ИЗМИРАН, данные по клеточным структурам *Aschgomycetes cerevisiae* предоставлены институтом микробиологии НАНУ Украины, данные по смертности предоставлены Госстатом по республике Саха-Якутия. Анализ совокупности представленных данных показал наличие одновременного резкого излома в статистических распределениях в 2004–2006 годах во всех географических пунктах, что свидетельствует о смене адаптационной реакции биообъектов на всех изучаемых уровнях организации биосферы к общепланетарным факторам внешней среды. Резкое изменение параметров статистических распределений в середине 2005 года не соответствует традиционной «привязке» биомедицинских данных к синусоиде изменения числа солнечных пятен в течение 11-летнего цикла солнечной активности. В 2004–2006 годах произошла перестройка солнечно – земных связей, которая затронула целый комплекс факторов: динамику магнитных полей Солнца, параметров космической погоды и солнечного ветра, а также характер геомагнитной активности. Мы предполагаем, что наблюдаемое изменение динамики биообъектов различного уровня организации соответствует адаптационной реакции биосферы на нестандартные геофизические особенности 23–24 циклов солнечной активности, и более того, является отражением перестройки биосферных процессов в преддверии длительного понижения солнечной активности.

Работа поддержана совместным российско-украинским грантом укр\_а №14-02-90424 «Роль нормальных и экстремальных гелиогеофизических процессов в эволюции биосферы».

- [1] Рагульская М.В., Руденчик Е.А., Зукакишвили Е.Г // Особенности статистической обработки мониторинговых рядов данных ( по результатам гелиомедицинского эксперимента ИЗМИРАН 1998–2011 гг). «Солнечная и солнечно-земная физика», Пулково, октябрь 2011 г
- [2] Obridko V., Ragulskaya M., Rudenchik E., Khabarova O., Hramova E. Solar activity 23–24 cycles and structure of biomedical monitoring data, Tekhnologii zhivyykh sistem (Technologies of live systems, ISSN 2070–0997), 2014, 11(3), 12–22, DOI: 10.13140/2.1.2980.4167

## 27-дневная вариация геомагнитного поля и её солнечные источники

*Ривин Ю.Р.*

*Мюнхен, Германия, e-mail: Ju\_rivin@online.de*

В литературе по анализам 27-дневной вариации геомагнитного поля (ГП) распространено мнение, что, поскольку период вращения Солнца вокруг собственной оси составляет  $\sim 27$  дней, источником такой вариации на Земле служит усиление корпускулярного излучения при повторном прохождении активной области на фотосфере Солнца через меридиан, куда проецируется Земля. Для выделения такой вариации в рамках этого подхода во второй половине прошлого века был проведен ряд анализов с выделением её методом «наложения эпох» (например, [1]). Такое мнение не учитывает: 1) указанный период вращения имеет место только вблизи экватора Солнца, на более высоких гелиоширотах он увеличивается до 30–31 дней, 2) возможное наличие у этой вариации второй и третьей гармоник.

В конце XX века анализы спектрального состава общего магнитного поля Солнца, наблюдаемого как поле звезды (Bs), мотивированные необходимостью контролировать межпланетное магнитное поле [2], показали, что вариация с периодами  $\sim 27$ –30 дней содержится в изменениях его суточных значений [2, 3]. Более того, оказалось, что Bs имеет кроме основной гармоники ещё вторую и третью ( $\sim 13$  и 9 лет) [3] (что, вероятно, связано с его секторной структурой).

Возможность существования другого источника такой вариации на Солнце и в межпланетном пространстве позволяет предположить иной механизм  $\sim 27$ -дневной вариации ГП, чем указан выше, а именно воздействие на магнитосферу Земли не самого солнечного ветра, а межпланетного магнитного поля, приносимого этим ветром. Реализация проверки такого предположения требует изменения метода анализа этой вариации: цифровую фильтрацию с выделением полосы периодов 9–31 дней.

Сделан вывод, что наблюдения такой вариации на Земле и её анализы указанным методом, могут быть использованы для исследования геофизических процессов (магнитосфера и твёрдая Земля), а также (во втором варианте источника) как один из инструментов непрерывного мониторинга вращения Солнца вокруг своей оси.

- [1] Бенькова Н.П.//Труды НИИЗМ. Вып. 10 (20). 1953.
- [2] Котов В.А., Северный А.Б. Общее магнитное поле Солнца как звезды (каталог 1968 – 1976)//МГК при президиуме АН СССР//Материалы МЦД-Б. Москва. 24 с. 1983.
- [3] Ривин Ю.Р., Обридко В.Н.//Астроном. ж. Т. 69. №5. С. 1083 – 1089. 1992.

**Основные погрешности определения декадных  
и вековых вариаций солнечной активности по  
последовательности среднегодовых значений чисел  
Вольфа на интервале  $\sim 300$  лет**

*Ривин Ю.Р.*

*Мюнхен, Германия, e-mail: Ju\_rivin@online.de*

Эти погрешности обусловлены, в основном, двумя причинами. Во-первых, значительным изменением разрешающей способности аппаратуры наблюдений и соответствующих методик их обработки (что, в частности, приводит к значительному росту вклада мелких и частично средних короткоживущих пятен). Во-вторых, реальным количеством дней наблюдений внутри каждого года (при их малом количестве возможно значимое различие средней по этим дням и действительным среднегодовым значением). Важно понимать, что эти погрешности не случайные, а систематические, поэтому они трудно определяемы и, как правило, не могут быть полностью устранены. По-видимому, единственный на сегодня путь избавления от первой причины — расслоение при анализах данных наблюдений на интервалы одной или близкой чувствительности приборов. Для уменьшения роли второй причины — получение среднего значения и его среднеквадратической погрешности для приборов наблюдений разных обсерваторий с близкой чувствительностью.

Удивительно, что за более чем примерно 300 лет наблюдений пятен у среднегодовых значений количества их появления на фотосфере в каталогах отсутствуют указания погрешностей получения этих величин (хотя бы по среднемесячным или суточным значениям), вместо них поставлены скобки. Если бы оценки погрешностей были, то стало бы очевиднее наличие больших погрешностей в определении среднегодовых значений чисел Вольфа ( $W$ ) особенно до середины XIX века, а, следовательно, и ошибок в определениях спектра изменений их высот (т.е. модуляции амплитуды основного цикла активности с  $T \approx 22$  года [1]) на интервале 1700–1860 годы, что важно, например, для понимания изменения активности в указанном диапазоне периодов после минимумов типа минимума Маундера.

Разработка методов устранения таких погрешностей (или уменьшения их вклада) помогла бы: 1) более точно установить обусловлены ли все солнечные пятна (мелкие короткоживущие и большие долгоживущие) на поверхности фотосферы одним или разными источниками внутри Солнца, 2) реальность тех или иных вариаций в указанном диапазоне периодов спектра временных изменений, что, в свою очередь, позволило бы уточнить интерпретацию их источников.

[1] Ривин Ю.Р. // Сб. «Солнечная и солнечно-земная физика – 2013». Труды конференции. Пулковое. С. 227.

## **Предварительный прогноз 25-го цикла солнечной активности**

***Рощина Е.М., Сарычев А.П.***

*Государственный астрономический институт имени П.К.  
Штернберга Московского государственного университета имени  
М.В. Ломоносова, Москва, Россия e-mail: stella\_ro@mail.ru*

Предлагается простой способ прогноза будущего 11-летнего цикла солнечной активности. Прогноз основан на анализе свойств циклов с 8-го по 23-й и предварительных результатов анализа 24-го цикла. Плавные изменения числа Вольфа в каждом рассматриваемом цикле аппроксимировались функцией с тремя взаимно независимыми параметрами. Одним параметром определяется положение цикла на оси времени, другим — протяжённость цикла по времени, а третьим — его амплитуда. Для значений параметров 16 последних завершившихся циклов получены математические соотношения, соответствующие эффекту Вальдмайера и правилу Гневнышева-Оля. Обнаружена зависимость стартового времени будущего цикла от двух параметров предшествующего. Выявлена квазипериодичность вариаций амплитуды циклов с периодом около 125 лет. Используя перечисленные свойства завершившихся циклов активности, можно предсказать три параметра функции, аппроксимирующей будущий цикл.

Предварительно, для 25 цикла получено: стартовое время цикла 2021.9 год; продолжительность ветви роста 4.2 года; амплитуда в числах Вольфа 116. Эти результаты будут уточняться по мере завершения 24 цикла.

## **Активность северного и южного полушарий как основа проявления солнечного цикла**

***Рябов М.И.***

*Одесская обсерватория «УРАН-4» Радиоастрономического  
института НАНУ, Одесса*

В продолжении цикла работ [1] и [2] рассмотрена динамика развития солнечных циклов как результат проявления активности северного и южного полушарий. В основе исследования данные среднемесячных значений площадей групп пятен в северном (Sp-N) и южном полушариях (Sp-S) за период с 12 по 24 циклы активности (1874–2014 гг.), ежедневных чисел Вольфа в северном (W-N) и южном полушариях (W-S) в 23–24 циклах активности (1992–2014 гг.) и ежедневные значения вспышечного индекса



FI-N и FI-S в 21–23 циклах (1976–2007 гг.). Для получения детальной картины развития «северного» и «южного» солнечных циклов разработана методика расширенного применения вейвлет-анализа, который позволяет выявлять различные волновые процессы, формирующие солнечный цикл и время их существования. Применение полосовой Фурье-фильтрации на основе полученных данных показывает, что «северный» и «южный» циклы имеют собственное время начала, фазы роста, максимума, фазы спада и минимума. Формирование каждого цикла по всем индексам активности определяется в результате совместного действия долгопериодических процессов и короткопериодических процессов. Долгопериодические процессы при переходе от цикла к циклу показывают слияния, разделения, модуляцию и периодические затухания. Проявление аномальной активности на фазе роста, максимума и спада цикла формируется за счет одновременного усиления короткопериодических процессов, время и «спектры периодов» которых заметно отличаются в северном и южном полушариях. Существенным образом различаются и временные интервалы активности в северном и южном полушариях. Основной вывод заключается в том, что изучение природы и составление моделей развития солнечного цикла может быть физически обоснованным лишь на основе рассмотрения активности северного и южного полушария в отдельности, включая возможность их взаимодействия при формировании глобальных комплексов активности.

- [1] Рябов М.И., Лукашук С.А.. Комплексы активности и их роль в аномальной активности северного и южного полушарий Солнца. Сб. статей «Циклы активности на Солнце и звездах», Москва, 2009, стр.121–135
- [2] Рябов М.И., Сухарев А.Л., Собыняк Л.И., Лукашук С.А. Циклы северного и южного полушарий Солнца и их влияние на характер солнечно-земных связей. Сборник статей, «Солнечная и солнечно-земная физика – 2013», Санкт-Петербург, 2013, стр 235–239.

**Магнитная активность звезд солнечного типа,  
обладающих супервспышками**

*Саванов И.С.*

*ИНАСАН, Москва, e-mail: isavanov@inasan.ru*

По фотометрическим наблюдениям высокой точности, полученным с космическим телескопом Кеплер, рассмотрены свойства активных областей (холодных пятен) на поверхности недавно открытых звезд солнечного типа, обладающих супервспышками с энергией вплоть до 1033–1036 эрг. Рассмотрены зависимости величины запятненности звезд, обладающих супервспышками, от эффективной температуры этих объектов и от периода их осевого вращения. Найдены свидетельства того, что магнитная активность рассматриваемых звезд более выражена по сравнению с активностью звезд полной выборки в 34000 объектов. Для нескольких объектов выполнен детальный анализ их фотометрической переменности. Исследованы свойства дифференциального вращения поверхности изучаемых звезд.

**Theoretical interpretation of sub-THz radio emission  
at frequency range of 100–200 GHz based on solar flare  
observations on 4 July 2012**

*Smirnova V.V.<sup>1,2</sup>, Tsap Y.T.<sup>1,3,4</sup>, Morgachev A.S.<sup>1,4</sup>,  
Motorina G.G.<sup>1,5</sup>, Kontar E.P.<sup>5</sup>, Nagnibeda V.G.<sup>2</sup>,  
Strekalova P.V.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Central (Pulkovo) Astronomical Observatory, Russian Academy of  
Sciences, e-mail: vsvvid.smirnova@yandex.ru*

<sup>2</sup>*Sobolev Astronomical Institute, Saint Petersburg State University,  
e-mail: vnag@astro.spbu.ru*

<sup>3</sup>*Crimean Astrophysical Observatory, Nauchny,  
e-mail: yur\_crao@mail.ru*

<sup>4</sup>*Radiophysical Research Institute, Nizhny Novgorod,  
e-mail: a.s.morgachev@mail.ru* <sup>5</sup>*School of Physics and Astronomy,  
University of Glasgow, e-mail: g.motorina@yandex.ru*

Unique sub-THz event observed on the 4 July 2012 with the Bauman Moscow State Technical University radio telescope RT-7.5 at 93 and 140 GHz as well as the Metsähovi Solar radio telescope, GOES, RHESSI, and SDO orbital stations is analyzed.

It was revealed for the first time that the spectral flux of sub-millimeter emission increases with frequency between 93 and 140 GHz. Images showed a good correlation of the soft X-ray and ultraviolet (131 Å) sources of emission as distinguished from the H-alpha ones. The time profiles of the hard X-ray and microwave emission had similar behavior while the maximum of the sub-THz emission coincided with the maximum of the SXR one.

On the basis of the SDO/AIA data the differential emission measure was found. The thermal coronal plasma with the temperature above 0.5 MK can not be responsible for the observed sub-THz flare emission because of the small emission fluxes [1].

The non-thermal gyrosynchrotron mechanism can explain the spectral peculiarities but it suggests huge values of the hard X-ray flare emission. The observed sub-millimeter spectral characteristics can be explained by the thermal bremsstrahlung emission of the plasma with the temperature of about 0.1 MK [2]. The origin of the hot and cold flare plasma is discussed.

- [1] Krucker S, Gimenez de Castro C.G., Hudson H.S., Trottet G., Bastian T.S. et al. // *A&A. Rev.*, 2013, v. 21, id. 58.  
[2] Trottet G, Raulin J., Kaufmann P., Siarkowski M., Klein K., Gary D.E. // *A&A*, 2002, v. 381.,p 694.

### **Новые спектральные наблюдения активных областей и вспышечных событий на Солнце на частоте 14 ГГц**

***Смирнова В.В.<sup>1,2</sup>, Рыжов В.С.<sup>3</sup>, Стрекалова П.В.<sup>2</sup>***

<sup>1</sup> *Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,  
e-mail: vsvvid.smirnova@yandex.ru*

<sup>2</sup> *НИАИ им. В.В. Соболева, Санкт-Петербургский государственный университет, e-mail: auriga-lunx@yandex.ru*

<sup>3</sup> *Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, e-mail: v\_ryzhov@mail.ru*

Были проведены новые спектральные радионаблюдения активных областей на Солнце в широкой полосе около частоты 14 ГГц. Наблюдения проводились на радиотелескопе РТ-7,5 МГТУ им. Н.Э. Баумана с пространственным разрешением 10 угл. мин., с использованием высокочувствительной приемной аппаратуры.

Проведен эксперимент по выявлению источников излучения на солнечном лимбе и их физических параметров, как показано в работе [1]; сделано сравнение с другими диапазонами.

Получены спектральные данные о вспышечных событиях рентгеновского класса C, проведен их анализ совместно с наблюдениями в других диапазонах на предмет существования квазипериодических процессов в период импульсной фазы микроволнового всплеска. Исследовано поведение спектра плотности потока радиоизлучения микроволновых всплесков в разные моменты времени с высоким временным разрешением.

- [1] Perez-Leon J.E., Hiriart D., and Mendoza-Torres J.E. // Revista Mexicana de Astronomia y Astrofisica, 2013, v. 49, p. 3–10.

**Временные задержки квазипериодических вариаций  
потока миллиметрового излучения АО  
относительно вариаций напряженности  
магнитного поля солнечных пятен**

*Смирнова В.В.<sup>1,2</sup>, Соловьев А.А.<sup>1</sup>, Риехокайнен А.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,  
e-mail: vsvvid.smirnova@yandex.ru

<sup>2</sup> НИАИ им. В.В. Соболева, Санкт-Петербургский государственный  
университет, e-mail: auriga-lynx@yandex.ru

<sup>3</sup> Университет Турку, Обсерватория Туорла (Финляндия)  
e-mail: alerie@utu.fi

Целью данной работы являлось выявление временных задержек длинных, квазипериодических вариаций плотности потока миллиметрового радиоизлучения, полученного по наблюдениям на частоте 37 ГГц, относительно вариаций напряженности магнитного поля солнечных пятен, которые наблюдались в тех же активных областях на фотосфере.

Данные в радиодиапазоне были получены с помощью наземного радиотелескопа РТ-14 обсерватории Метсахови (Финляндия) и с помощью инструмента Helioseismic and Magnetic Imager, установленного на космическом аппарате SDO. Был проведен кросс-корреляционный анализ соответствующих временных рядов наблюдений для выявления временных задержек между ними.

В результате, были получены временные задержки с высоким коэффициентом корреляции (0.6–0.75) с типичным интервалом 15–35 минут. Дана

интерпретация описанного явления в рамках концепции распространения возмущений от солнечного пятна к радиоисточнику с использованием модели трех магнитных потоков [1].

[1] Solov'ev A. & Kirichek E. // *Ap&SS*, 2014, v. 352, p. 23.

### **Диссипация солнечного пятна через тонкий граничный слой**

*Соловьев А.А.*

*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория, ГАО РАН*

Солнечное пятно при его диссипации не расплывается, теряя контраст, как капля масла на бумаге, но «тает» с боков, подобно льдинке. При этом в центральной части, в тени пятна сохраняется низкая эффективная температура и сильное магнитное поле за счет бокового поджатия разностью газовых давлений между пятном и окружающей средой, которое происходит со скоростью, значительно превышающей скорость диссипации пятна. Представлена модель диссипации магнитного поля солнечного пятна через тонкий граничный слой на боковой поверхности его магнитной силовой трубки. Получена как основная стадия диссипации, при которой площадь тени пятна сокращается со временем по линейному закону, так и эффект замедления диссипации в малых пятнах, имеющий наблюдательное подтверждение. Показано, что учет дискретного характера диссипации поля в виде тонких волоконцев, отщепляющихся от основного магнитного массива пятна, не меняет существенно полученных результатов.

## Магнитогидростатика вертикальной силовой трубки в солнечной атмосфере: корональные петли, модель кольцевого вспыхивающего волокна

*Соловьев А.А., Киричек Е.А.*

*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория, ГАО РАН*

Магнитогидростатическая теория скрученной магнитной силовой трубки (жгута), погруженной в реалистическую солнечную атмосферу, впервые представлена в замкнутой аналитической форме. Выведены общие формулы, позволяющие рассчитывать равновесные распределения плотности, давления и температуры плазмы внутри аксиальносимметричной вертикальной силовой трубки по ее магнитной структуре, которая предполагается известной (заданной). Построена аналитическая модель свободной от магнитного поля внешней гидростатической среды - солнечной атмосферы, в которой использован температурный профиль полуэмпирической табличной модели (Avrett & Loeser, 2008). В качестве примера приложения общих теоретических формул рассчитано распределение параметров плазмы в скрученной магнитной силовой трубке при небольших отклонениях ее внутренней магнитной структуры от бессиловой. Поперечное сечение трубки не меняется с высотой, поэтому полученную модель можно применять для описания вертикальных частей корональных петель. Найдено, что при превышении скрученности поля над бессиловым состоянием плотность плазмы в магнитной трубке растет, а при уменьшении скрученности поля по сравнению с бессиловым уровнем – падает. Это свойство скрученной магнитной трубки имеет принципиальное значение для обоснования механизма вспыхивающего энерговыделения в магнитных жгутах. Рассмотрена модель вспышки в кольцевой хромосферной конфигурации.

## Вспышки с жестким гамма-излучением по данным FermiGRO. В чем отличия?

*Струминский А.Б.<sup>1,2</sup>, Ган Вейкун<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Институт космических исследований, Москва,  
e-mail: astrum@iki.rssi.ru*

<sup>2</sup>*Purple Mountain Observatory, Nanjing, China,  
e-mail: wqgan@pmo.ac.cn*

Рассмотрено 18 солнечных вспышек, в которых было зарегистрировано гамма-излучение с энергией более 100 МэВ инструментом LAT/FermiGRO

[1], проверены их временные профили в мягком (GOES) и жестком (ACS SPI) рентгеновских диапазонах, потоки солнечных космических лучей в гелиосфере (КА STEREO A/B, SoHO). Особое внимание уделено событию 7 марта 2012 года, когда LAT/FermiGRO регистрировал солнечное гамма-излучение более 20 часов [2]. Антисовпадательная защита спектрометра на ИНТЕГРАЛе (ACS SPI) во время солнечных вспышек непрерывно измеряет первичное (солнечное) и вторичное (вызванное солнечными космическими лучами) жесткое рентгеновское излучение  $>100$  кэВ. Это сравнение важно, так как может показать процессы энерговыделения и ускорения, которые не видят КА RHESSI и FermiGRO в силу особенностей их орбит. КА ИНТЕГРАЛ на орбите с перигеем 10000 км и апогеем 153000 км и периодом обращения 72 часа большее время проводит вне радиационных поясов. В 4 событиях из 18 ACS SPI был выключен. В 12 событиях наблюдались всплески жесткого рентгеновского излучения в импульсной фазе. Не обнаружено каких-либо всплесков жесткого рентгеновского излучения в моменты регистрации длительного гамма-излучения (или они были скрыты под фоном) ни в одном событии. Солнечные космические лучи не наблюдались в 4 событиях

[1] Ackermann M. et al. // *Astrophys. J.*, 2014, v. 787, p. 15.

[2] Ajello M. et al. // *Astrophys. J.*, 2014, v. 789, p. 20.

### **Определение параметров солнечной атмосферы над активной областью по наблюдениям радиоизлучения на радиотелескопе РАТАН-600**

*Ступишин А.Г.<sup>1</sup>, Богод В.М.<sup>2</sup>, Яснов Л.В.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Санкт-Петербургский Государственный университет,  
С.-Петербург, e-mail: agstup@yandex.ru*

<sup>2</sup> *Санкт-Петербургский филиал САО РАН, С.-Петербург*

Работа посвящена оценке параметров солнечной атмосферы (электронная концентрация и температура как функции высоты) над активной областью по наблюдениям радиоизлучения области на радиотелескопе РАТАН-600 с учетом данных по фотосферному магнитному полю SDO/HMI. Для анализа были выбраны области 11289, 11312, 11899 с сильной поляризацией на высоких частотах, что свидетельствует о незначительном излучении на обыкновенной волне и, соответственно, о малом

вкладе тормозного излучения. Для выбранных областей восстанавливалось магнитное поле на фотосфере путем разрешения 180-градусной неоднозначности, затем строилась 3-х мерная модель магнитного поля (рассчитывалось потенциальное поле и на его основании нелинейное бессилое поле). В качестве базовой модели атмосферы была взята модель, описанная в [1], и варьировались в широких пределах три модельных параметра: высота переходной области (в диапазоне 1 – 4 Мм), температура и концентрация в нижней короне ( $3 \times 10^5 - 6 \times 10^6$  K,  $3 \times 10^8 - 5 \times 10^9$  см<sup>-3</sup>). Для каждой модели рассчитывалось циклотронное излучение правой и левой поляризации на 2-5-й гармониках в диапазоне 2-18 ГГц, свертывалось с диаграммой направленности РАТАН-600 на соответствующих частотах, и сравнивалось с наблюдаемыми сканами по нескольким параметрам (близость величины потоков, подобие формы спектра, размер источника). Для исследованных областей было показано, что высота переходной области (1.5 – 2 Мм) ниже, а температура и концентрация электронов в нижней короне в 2 раза выше, чем в базовой модели для спокойного Солнца (отметим, что в [1] переходная зона расположена выше; температура и концентрация электронов в нижней короне также выше по сравнению с полученными нами результатами). Прделанная работа дает основание для создания методики эффективной диагностики параметров солнечной атмосферы по радионаблюдениям.

- [1] Selhorst C.L., Silva-Valio A., Costa J.E.R. // *Astron. Astrophys.*, 2008, v. 488, p. 1079.

### **Ориентация плоскости линейной поляризации $H\alpha$ излучения протуберанцев**

*Суюнова Э.З., Ким И.С., Осокин А.Р.*

*ГАИШ МГУ, Москва, e-mail: [suyunova@sai.msu.ru](mailto:suyunova@sai.msu.ru)*

Представлены двумерные распределения отклонений плоскости линейной поляризации от тангенциального к лимбу Солнца направления (угла  $\chi$  и знака  $\chi$ ) для  $H\alpha$  протуберанцев 29.03.2006 г. Отклонения по часовой стрелке обозначены знаком «+», против часовой стрелки – знаком «-». Измеренные значения  $\chi$  согласуются с внеатмосферными коронографическими измерениями других авторов и свидетельствуют о наличии продольной составляющей магнитного поля. Двумерные распределения знака  $\chi$  выявляют существование преимущественной «+» или «-» полярности в



сочетании с вкраплениями противоположной полярности в каждом протуберанце. В рамках рассеяния на свободных движущихся электронах это соответствует противоположной ориентации тангенциальной составляющей скорости электронов (электрических токов). Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта No 14-02-01225.

### **Широтно-временная эволюция корональных дыр в 21–23-м и начале 24-го солнечных циклов**

*Исханов Р.Н., Тавастшерна К.С.*

*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН*

На основе новой версии сводного ряда корональных дыр (КД), составленного Тлатовым, Тавастшерна, Васильевой [1], продолжено исследование свойств КД в 11-летних солнечных циклах. Этот каталог получен по данным наблюдений обсерватории Китт-Пик в линии HeI 10830Å за период 1975–2003 гг. и SOHO/EIT в линии FeXII за период 1996–2012 гг.

Показано, что поведение КД на фазе I (в период подъема и максимума 11-летнего цикла) и фазы II (спада и минимума) существенно различаются. Рассматриваются и обсуждаются основные свойства распределения КД на этих двух фазах и их особенности в трех исследуемых циклах.

- [1] Тлатов А.Г., Тавастшерна К.С., Васильева В.В. // Труды конференции “Солнечная и солнечно-земная физика-2013”, СПб, Пулково, 2013, с.261.

## Наблюдения солнечной активности на патрульном телескопе -спектрогелиографе

*Тлатов А.Г.<sup>1</sup>, Дормидонтов Д.В.<sup>1</sup>, Шрамко А.Д.<sup>1</sup>,  
Кирпичев Р.В.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Кисловодская Горная астрономическая станция ГАО РАН,  
e-mail: tlatov@mail.ru

На Горной астрономической станции ГАО с июля 2011 г. проводятся наблюдения на солнечном телескопе-спектрогелиографе, работающий в непрерывном автоматическом режиме. Телескоп осуществляет наблюдений солнечной атмосферы в выбранных спектральных линиях. Фокусное расстояние основного зеркала составляет  $f_1=2000$  мм, диаметр  $d=100$  мм. Оптическое разрешение диска Солнца телескопом составляет около 2 угл. сек. Изображения в линиях CaIIK регистрируются один раз в 2 минуты. Для удешевления конструкции телескопа использована схема с осью телескопа, совпадающей с мировой осью. Вращение телескопа происходит вокруг одной оси вращения, телескоп закреплен на двух опорах, но при этом используется дополнительное плоское зеркало, которое компенсирует изменения сезонного склонения Солнца.

Получение полных изображений Солнца происходит при перемещении солнечного диска по входной щели спектрографа. После окончания сканирования, полученные изображения спектра считываются для формирования единого изображения диска Солнца в ядре и крыльях спектральной линии CaIIK:  $\pm 0.494, \pm 0.342, \pm 0.228, \pm 0.147 \text{ \AA}$ . Получаемые изображения сохраняются в 3D сжатых fits файлах.

В данной работе представлены предварительные результаты анализа наблюдений. Для этого для каждого наблюдательного дня были отобраны одно изображение. Далее проводилась калибровка изображения, используя информацию об интенсивности изображений в крыльях спектральной линии. Это позволило для каждого изображений в ядре спектральной линии вычесть инструментальный и атмосферный рассеянный свет.

Приводятся изменения индекса активности в линии CaIIK, вариации средней интенсивности флоккул и элементов хромосферной сетки в 24-м цикле активности, а также сравнение с другими индексами активности.

**Первые результаты наблюдений крупномасштабных магнитных полей Солнца на телескопе-магнитографе СТОП на Горной станции ГАО РАН**

*Тлатов А.Г.<sup>1</sup>, Дормидонтов Д.В.<sup>1</sup>, Шрамко А.Д.<sup>1</sup>,  
Кирпичев Р.В.<sup>1</sup>, Пецеров В.С.<sup>2</sup>, Григорьев В.М.<sup>2</sup>,  
Демидов М.Л.<sup>2</sup>, Свидский П.М.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>*Кисловодская Горная астрономическая станция ГАО РАН,  
e-mail: tlatov@mail.ru*

<sup>2</sup>*ИСЗФ СО РАН*

<sup>3</sup>*ИПГ им. Е.К. Федорова*

С 01 июля 2014 г. начались регулярные наблюдения крупномасштабных магнитных полей Солнца на телескопе СТОП, установленном на Горной астрономической Станции ГАО РАН. Телескоп изготовлен и установлен силами сотрудников ИСЗФ СО РАН по контракту с ИПГ им. Е.К. Федорова. Телескоп предназначен для получения наблюдательных данных о крупномасштабных магнитных полях Солнца, направленных по лучу зрения, основными из которых являются магнитограммы всего диска Солнца, с угловым разрешением  $\sim 30$  угловых сек.

Для измерения слабых крупномасштабных магнитных полей применен оригинальный метод исключения влияния инструментальной поляризации. В каждой точке изображения Солнца телескоп СТОП выполняется два измерения: одно измерение делается с введенной в падающей на целостат пучок света  $\lambda/2$  — фазовой пластинкой и второе измерение без нее.

В период 01.07.2014 ÷ 15.09.2014 было 68 дней наблюдений ([http : //solarstation.ru/sun – service/magnetic\\_field](http://solarstation.ru/sun-service/magnetic_field)). Это позволило восстановить топологию крупномасштабного магнитного поля для синоптических оборотов 2152–2154. В данной работе приводится описание устройства телескопа, программа наблюдений и формат данных. Выполнено сравнение полученных результатов с другими магнитографическими наблюдениями наземных и спутниковых обсерваторий, а также с другими видами наблюдений солнечной активности. Показано, что на сегодняшний день телескоп СТОП обеспечивает наиболее точные наблюдения крупномасштабного магнитного поля Солнца.

**Создание баз данных солнечной активности  
по многолетним наблюдениям  
отечественных обсерваторий**

*Кирпичев Р.В., Коломиец С.Н., Пархоменко А.В.,  
Скорбеж Н.Н., Тлатов А.Г.*

*Кисловодская Горная астрономическая станция ГАО РАН,  
e-mail: tlatov@mail.ru*

Выполнена оцифровка данных наблюдений сети обсерваторий, работавших по программе Службы Солнца и опубликованных в бюллетене «Солнечные данные». Данные включают в себя результаты несколько видов наблюдательных программ в оптическом и радиодиапазоне. В том числе:

- Данные характеристик солнечных волокон в линии в период 1959–2014 гг.
- Данные характеристик солнечных протуберанцев 1957–2014 гг.
- Данные о быстрых процессах, наблюдаемых в оптическом диапазоне в линии Н-альфа в период 1958–1995 гг., содержащих информацию о положении и времени и мощности эруптивных процессов.
- Данные о хромосферных солнечных вспышках, наблюдаемых в оптическом диапазоне в период 1954–1995 гг. Эти данные содержат информацию о координатах, времени и мощности солнечных вспышек.
- База данных событий в радиодиапазоне. Здесь приведены время начала и конца событий, частота радиодиапазона, тип явления, мгновенные и сглаженные значения максимального потока.
- База данных средних значений плотности потока радиоизлучения Солнца на различных частотах в период 1954–2012 гг.
- База данных спектров необычных явлений в метровом диапазоне радиоволн.

Полученные базы данных могут быть использованы для анализа, как долговременных изменений солнечной активности, так и для описания конкретных событий, наблюдавшихся на различных длинах волн.

**Свойства магнитных биполей  
в 15-24 циклах активности**

*Васильева В.В., Тлатова К.А.*

<sup>1</sup>*Кисловодская Горная астрономическая станция ГАО РАН,  
e-mail: ksuha-sun@list.ru*

Выполнена оцифровка магнитных полей солнечных пятен по данным ежедневных наблюдений обсерватории MountWilson в период 1917–2013 гг. Данные включают координаты, площадь и напряженность магнитных полей ядер. Данные наблюдений магнитных полей были сопоставлены с группами солнечных пятен по данным наблюдений Гринвичской

обсерватории и NOAA. Для каждой группы были определены характеристики магнитных биполей, которые использовались для дальнейшего анализа.

Было установлено следующее. 1) Угол наклона магнитной оси биполей (тильт угол) четных циклов больше, чем угол в последующих нечетных циклах, за исключением пары циклов 22–23. 2) Угол наклона магнитных осей биполей, усредненные за цикл активности обратно пропорционален амплитуде циклов солнечных пятен. 3) Существует долговременные вариации углов наклона биполей.

### Эффект Гельфрейха-Лубышева по наблюдениям активной области NOAA 11899

*Топчило Н.А.<sup>1</sup>, Петерова Н.Г.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>НИИАИ СПбГУ, С.-Петербург, e-mail: Topchilona@yandex.ru

<sup>2</sup>СПбФ САО РАН, С.-Петербург, e-mail: peterova@yandex.ru

Используя теорию циклотронного излучения источников (ИЦИ), расположенных в короне Солнца над пятнами, Гельфрейх и Лубышев первыми показали [1], что тонкая структура изображения ИЦИ в картинной плоскости сильно меняется в зависимости от положения активной области (АО) на диске Солнца (угла зрения). Даже при простой морфологии магнитного поля пятна в структуре изображения ИЦИ возникают кольцеобразные или серповидные детали. Такого рода особенности структуры изображения ИЦИ неоднократно фиксировались в наблюдениях, однако, как правило, эпизодических, и без достаточного обоснования правомерности интерпретации их эффектом Гельфрейха-Лубышева (Г-Л). Среди них нет ни одного случая, когда на примере конкретного пятна был бы прослежен весь цикл изменений от восхода АО до ее захода за солнечный лимб. Возможно, по этой причине иногда возникают сомнения, существует ли эффект Г-Л вообще.

Мы предлагаем такое исследование на примере активной области NOAA 11899 (ноябрь 2011 г.). В исследовании использованы **регулярные** наблюдения, выполняемые с высоким пространственным разрешением на радиотелескопах РАТАН-600 и NoRH. Максимальное угловое разрешение этих инструментов составляет (12–17)". Показано, что эффекты, предсказываемые моделью Г-Л, в данном случае имеют место и выражаются в соответствующих этой модели изменениях структуры изображения ИЦИ и смещениях его центра тяжести. Обсуждаются возможные причины отличия рассмотренного случая от стандартной ситуации, когда вид изображения ИЦИ не изменяется при пересечении активной областью центрального меридиана Солнца. Для выявления специфической для ИЦИ тонкой

структуры изображения (кольца, серпы) необходимо более высокое (2–4") угловое разрешение, которое пока недостижимо при **регулярных** наблюдениях Солнца.

[1] Гельфрейх Г.Б., Лубышев Б.И. // АЖ, 1979, т. 56, с. 562.

### **О взаимосвязи ширина – интенсивность для красной корональной линии. Наблюдательные факты.**

*Тягун Н.Ф.*

*Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск,  
e-mail: tyagun@mail.ru*

Обратная взаимосвязь между полуширинами ( $\Delta\lambda$ ) и интенсивностями ( $W$ ) для красной корональной линии была установлена нами как среднестатистический результат по наблюдениям за несколько лет (1969–1972 гг) на Большом внеатмосферном коронографе Саянской обсерватории (БВК-СО) сразу после его установки. Закономерность выполняется на всех широтах и по высоте в короне, в то время, как зелёная линия показывала явную прямую взаимосвязь ( $\Delta\lambda - W$ ). Однако одновременные наблюдения обеих линий над распадающейся группой пятен на восточном и, через пол-оборота, на западном лимбах дали неожиданный результат: в процессе распада обратная взаимосвязь ( $\Delta\lambda - W$ ) для  $\lambda$  6374 усилилась, а для  $\lambda$  5303 из отсутствующей превратилась в обратную. При этом ширины  $\lambda$  5303 в среднем увеличились, но остались меньше таковых для  $\lambda$  6374. Эти факты привели к предположению об определяющем влиянии на форму наблюдаемого контура структурированности на луче зрения в оптически тонкой короне. Структурированность эта должна быть разная: более тонкая и равномерная для «красной» короны по сравнению с «зелёной». Логика построения дальнейших исследований заставила обратиться к анализу имеющихся отдельных наблюдений областей с известной топологией магнитного поля – полярной короне. Был получен неожиданный результат – прямая взаимосвязь ( $\Delta\lambda - W$ ) для ряда наблюдений, преимущественно осенних, когда угол наклона оси Солнца  $B \sim 7^\circ$ . К сожалению для времени 1969 – 1972 гг. мы не располагаем информацией о корональных дырах, поэтому выводы о связи полученных результатов с этими образованиями предположительные.

Дальнейшее изучение поведения взаимосвязи ( $\Delta\lambda - W$ ) для красной и зеленой линий в отдельных активных областях и их окрестностях совместно с лучевыми скоростями и их дисперсией приводит к выводу о

том, что магнитное поле, определяющее структурированность плазмы, в относительно холодной «красной» короне должно быть преимущественно открытого типа, а в «зеленой» — закрытого.

В настоящей работе мы провели поиск случаев «аномальной» прямой взаимосвязи ( $\Delta\lambda - W$ ) для  $\lambda$  6374 на всех широтах по имеющемуся архиву обработанного материала. В результате выявлена масса случаев-областей в короне, где взаимосвязь ( $\Delta\lambda - W$ ) для  $\lambda$  6374 прямая. Подавляющее большинство этих случаев — неспокойная корона: над протуберанцами, волокнами, выходящими или заходящими группами пятен, вспышечными областями, полярная, но имеются и случаи отсутствия видимой активности.

В дальнейшем для выяснения связи поведения ( $\Delta\lambda - W$ ) с топологией магнитного поля представляет интерес рассмотреть наблюдения  $\lambda$  6374 и  $\lambda$  5303 прежде всего над корональными дырами, используя имеющуюся в настоящее время информацию о местоположении этих образований и архив накопленных наблюдений на БВКСО.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта 14-02-01225 РФФИ.

## Персистентные ландшафты гауссовских полей

Уртъев Ф.А.<sup>1</sup>, Макаренко Н.Г.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ГАО РАН, С.-Петербург, e-mail: urtiev@gmail.ru

<sup>2</sup> ГАО РАН, С.-Петербург, e-mail: ng-makar@mail.ru

В работе исследуются топологические характеристики гауссовских 2D полей. Такие поля служат альтернативными моделями фоновых магнитных полей Солнца и полей Активных Областей, доступных в форме магнитограмм SOHO/SDO. Модели случайных полей генерируются в среде MatLab с использованием Фурье преобразования. Такой подход позволяет ввести корреляции меняя наклон спектра. Для полученных моделей оцениваются ранги двух первых групп гомологий: число компонент связности и число неограничивающих циклов. Они реферируются как числа Бетти. Фильтрация реализуется с использованием функции высоты отсчетов, а персистентность чисел Бетти представлена баркодами в форме диаграмм персистентности. Мы приводим распределение чисел Бетти по высоте и в форме ландшафтов. Для сравнения, приводятся результаты аналогичных оценок на фрагментах фоновых полей НМІ — магнитограмм.

**Пространственные распределения трехмерных  
характеристик КВМ типа гало и связанных ударных  
волн по данным LASCO**

*Файнштейн В.Г., Егоров Я.И.*

*ИСЗФ СО РАН, 664033, г. Иркутск, а/я-291,  
e-mail: vfain@iszf.irk.ru, egorov@iszf.irk.ru*

Для нескольких быстрых КВМ типа гало и связанных с ними ударных волн с использованием «Ice cream cone» модели КВМ [1] по данным LASCO определены 3D кинематические и геометрические характеристики тела КВМ и ударной волны на различных расстояниях  $R$  от центра Солнца. Показано, что радиальные распределения скорости тела КВМ  $V_b(R)$  и ударной волны  $V_{sh}(R)$  различаются. Найдены зависимости  $\delta R(R) = R_{sh} - R_b$  и  $\delta V(R) = V_{sh}(R) - V_m(R)$ . В среднем для рассмотренных событий с ростом  $R$  разность  $\delta R$  увеличивается. Для всех рассмотренных событий угловые размеры тела КВМ оказались меньше угловых размеров связанной ударной волны. Были построены зависимости параметра  $\delta R/r_b(R)$ , где  $\delta R$ -расстояние между ударной волной и границей тела КВМ на оси выброса массы,  $r_b$ -радиус кривизны границы тела КВМ на его оси. Оказалось, что этот параметр с ростом  $R$  уменьшается. Полученная зависимость была сопоставлена с зависимостью  $\delta R/r_b(M_a(R))$ . Здесь  $M_a$ -альфвеновское число Маха. Связь  $\delta R/r_b$  с  $M_a$  была получена [2] для межпланетной ударной волны и межпланетного КВМ на орбите Земли. Сравнение  $\delta R/r_b(R)$ , полученных двумя способами, позволяет сделать вывод, что, по крайней мере, на расстоянии  $R > 10R_\odot$  ( $R_\odot$ -радиус Солнца) ударные волны, связанные с телом КВМ является поршневой с телом КВМ в качестве поршня.

[1] Xue et al.//J.G.R., 2005, v. 110, p. 8103

[2] Russell and Mulligan // Planet. and Space Sci., 2002, v. 50, p. 527



## Влияние изгибных колебаний вспышечной петли на характеристики гиротронного излучения

*Филатов Л.В.<sup>1</sup>, Мельников В.Ф.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *ФГБНУ Научно-исследовательский радиофизический институт, Нижний Новгород, e-mail: filatovlv@yandex.ru*

<sup>2</sup> *Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, Санкт-Петербург, e-mail: v.melnikov@gao.spb.ru*

Квазипериодические пульсации микроволнового и рентгеновского излучения вспышечных петель с периодами  $P = 10-40$  с можно интерпретировать модуляцией этих излучений МГД колебаниями магнитных петель. В настоящей работе мы проводим моделирование модуляции гиротронного излучения вертикальными поперечными изгибными (кинк) колебаниями изогнутой магнитной петли. Решение ищется на основе численного интегрирования нестационарного кинетического уравнения в приближении Фоккера-Планка, учитывающего: а) изменения длины силовых линий и напряженности неоднородного магнитного поля осциллирующей петли, б) бетатронное и Ферми ускорение электронов и их кулоновские столкновения с частицами фоновой плазмы, в) нестационарную и длительную инжекцию энергичных электронов в петлю [1]. Полученные функции распределения электронов используются для расчета характеристик гиротронного микроволнового излучения в различных участках магнитной петли.

[1] Filatov, L. V., Melnikov, V. F., Gorbikov, S. P. // *Ge&Ae*, 2013, V.53, P.1007.

## Королевские широты, закон Шперера и крутильные колебания на Солнце как проявление приливов от планет

*Хлыстов А.И.*

*Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга МГУ, e-mail: khilai@rambler.ru*

Гипотеза о приливном влиянии планет на Солнце впервые была высказана Р. Вольфом [1] в 1859 году в связи с попыткой объяснить феномен 11-летней цикличности. В дальнейшем эта идея развивалась многими авторами, однако без заметных успехов. Более того, в работе [2] было

показано, что энергии статического прилива на Солнце от всех планет недостаточно даже для механизма «спускового крючка». Однако в случае динамического прилива [3], приливной энергии от Юпитера оказывается достаточно, чтобы обеспечить работу этого механизма, запускающего солнечную цикличность.

В предлагаемой работе на основе рассмотрения изменения со временем зональной функции приливного потенциала (прилив Лапласа 1-го типа) при наличии силы Кориолиса показано, что у основания конвективной зоны должны возникнуть меридиональные течения, направленные от широт  $\pm 35^\circ$  к экватору (закон Шперера) и движения по долготе: одно в широтном поясе от  $-35^\circ$  до  $+35^\circ$  и два течения выше этих критических («королевских») широт вплоть до обоих полюсов. Направление течений в них меняется примерно каждые 3 года в зависимости от гелиографической широты Юпитера, причем оба высокоширотных течения всегда движутся в фазе друг с другом и в противофазе с приэкваториальным течением. Эти течения можно отождествить с крутильными колебаниями на Солнце.

- [1] *Wolf R.* // Mittheilungen uber Sonnenflecken VIII. // Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zurich. 1859. IV. P. 183.
- [2] *Власов В.А., Гудзенко Л.И., Чертопруд В.Е.* // Краткие сообщения по физике. М.: ФИАН, 1974. № 12. С. 9.
- [3] *Хлыстов А.И.* // Солнечные данные. 1977. № 10. С. 78.

#### **Накопление ускоренных электронов в корональных петлях и временные задержки нетеплового излучения солнечных вспышек**

**Цап Ю.Т.<sup>1,2</sup>, Степанов А.В.<sup>2</sup>, Копылова Ю.Г.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Крымская Астрофизическая обсерватория,  
e-mail: yur\_crao@mail.ru*

<sup>2</sup>*Главная Астрофизическая обсерватория, С.-Петербург,  
e-mail: stepanov@gao.spb.ru*

Рассматриваются механизмы накопления энергичных частиц в корональной части вспышечных петель, обусловленные турбулентностью и конвергенцией магнитных силовых линий. Показано, что временные задержки наступления пиков жесткого рентгеновского (микроволнового) излучения для высокоэнергичных (высокочастотных) каналов относительно низкоэнергичных (низкочастотных) не могут быть обусловлены только

турбулентными пульсациями и/или кулоновскими столкновениями, обеспечивающих эффективное рассеяние и аккумуляцию ускоренных электронов в короне. Это свидетельствует о важной роли диамагнитных сил, обеспечивающих отражение заряженных частиц от магнитных пробок. Делается вывод в пользу модели коронального пробкотрона с развитой электромагнитной турбулентностью. В свете полученных результатов обсуждается модель магнитного балдахина.

**О природе излучения солнечной вспышки  
9 августа 2011 года**

***Кашапова Л.К.<sup>1</sup>, Мешалкина Н.С.<sup>1</sup>, Бабин А.Н.<sup>2</sup>,  
Коваль А.Н.<sup>2</sup>, Цап Ю.Т.<sup>2,3</sup>***

<sup>1</sup> *Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск,  
e-mail: lk@iszf.irk.ru*

<sup>2</sup> *Крымская Астрофизическая обсерватория,  
e-mail: koval@crao.crimea.ua*

<sup>3</sup> *Главная Астрофизическая обсерватория, С.-Петербург,  
e-mail: yur\_crao@mail.ru*

Анализ хромосферных наблюдений в линии  $H_{\alpha}$  солнечной вспышки 9 августа 2011 года класса X6.9 [1] выявил спектральные особенности, которые трудно интерпретировать нагревом хромосферы ускоренным в короне пучком нетепловых электронов. Представлены результаты дальнейшего анализа этого события на основе оптических наблюдений, а также пространственных и спектральных характеристик микроволнового и рентгеновского излучения. Данные, полученные в мягком рентгеновском диапазоне (RHESSI, MESSENGER), свидетельствуют о существовании в области вспышечного энерговыделения горячего источника [2] с температурой около 30 МК. На это также указывает наблюдаемая корреляция микроволновых и рентгеновских временных профилей. В рамках принятой модели обсуждаются возможные методы диагностики солнечных вспышек.

[1] Babin A. N. and Koval A. N. // Bulletin Crimean Astrophysical Observatory, 2014, v 110, p. 100.

[2] Caspi A. and Lin R. P. // Astrophys.J. Lett., 2010, v 725, p. L161.

**Пространственная локализация процесса ускорения электронов в магнитных петлях на основе анализа спектров временных задержек жесткого рентгеновского излучения.**

**Чариков Ю.Е.<sup>1,2,3</sup>, Глобина В.И.<sup>3</sup>, Шабалин А.Н.<sup>1</sup>,  
Елфимова Е.П.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН, С.-Петербург

<sup>2</sup>СПбГПУ, С.-Петербург, e-mail: yuri.charikov@mail.ioffe.ru

<sup>3</sup>ГАО Пулково, С.-Петербург

В результате анализа жесткого рентгеновского излучения 83 солнечных вспышек получены спектры временных задержек. Выделены три вида спектров – спадающие с ростом энергии, U-образные и растущие. Распределение вспышек по виду спектра примерно одинаковое. Временные задержки ЖРИ связаны с процессом распространения электронов в магнитных петлях. Модельные расчеты кинетики пучка электронов и тормозного рентгеновского излучения при разумных начальных условиях объясняют задержки с растущим спектром по энергии. Спадающий характер спектра задержек удастся получить только в модели с разнесенными в пространстве областями ускорения и последующей инжекции в магнитную петлю. Поэтому в таких вспышках предполагается, что ускорение электронов имеет место высоко в короне, с последующим свободным разлетом в корональной части петли (область инжекции) и дальнейшим распространением в хромосферной части петли.

**Влияние космической погоды на атмосферное электричество и гидрологический цикл**

**Чукин В.В.<sup>1</sup>, Шермухамедов У.А.<sup>1</sup>, Аль-Тамими М.А.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург, e-mail: chukin@meteolab.ru

<sup>2</sup>University of Al-Mustansyria, Baghdad, Iraq,  
e-mail: muthannaabd@yahoo.com

Нами исследуется влияние солнечной активности на гидрологический цикл и климат планеты. В первую очередь, объектом исследования является глобальная электрическая цепь, характеристики которой зависят как от космической погоды, так и от метеорологических факторов. Анализ данных измерений градиента потенциала и плотности тока проводимости показал наличие их тесной связи с солнечной активностью.

Второй частью наших исследований является определение физического механизма влияния атмосферного электричества на гидрологический цикл. В ходе проведенных лабораторных экспериментов нами обнаружена зависимость скорости испарения воды от плотности электрического тока на границе раздела водная поверхность-атмосфера.

Можно предположить, что солнечная активность влияет на атмосферные процессы посредством электрических полей изменяя параметры гидрологического цикла. Действительно, анализ спутниковых данных показал наличие зависимости влагосодержания атмосферы от потока космических лучей. Созданная нами численная модель позволяет исследовать влияние космической погоды на элементы глобальной электрической токовой цепи и гидрологического цикла.

### **Моделирование процессов распространения ускоренных электронов в солнечных вспышках**

***Шабалин А.Н.<sup>1</sup>, Чариков Ю.Е.<sup>1,2</sup>***

<sup>1</sup> *ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН, С.-Петербург,  
e-mail: taoastronomer@gmail.com*

<sup>2</sup> *СПбГПУ, С.-Петербург, e-mail: yuri.charikov@mail.ioffe.ru*

В настоящей работе исследуются энергетическое, пространственное и угловое распределения ускоренных электронов в солнечных вспышечных магнитных петлях, а также генерируемый ими спектр и поляризация жесткого рентгеновского излучения. Моделирование производится на основе решения нестационарного кинетического уравнения, учитывающего кулоновские столкновения, магнитное отражение[1], эффекты обратного тока[2] и магнитной турбулентности[3]. Разработанный метод восстановления функции источника ускоренных электронов использован при объяснении распределения яркости жесткого рентгеновского излучения солнечных вспышек, наблюдаемых на RHESSI.

- [1] Чариков Ю.Е., Шабалин А.Н., Кудрявцев И.В. // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Физико-математические науки. 2013. №4-1 (182). С. 154 – 165.
- [2] Zharkova V.V., Kuznetsov A.A., Siversky T.V. // Astronomy and Astrophysics, 2010, Vol.512, id. A8, 18pp.
- [3] Kontar E.P., Bian N.H., Emslie A.G., Vilmer N. (2013) // arXiv preprint arXiv:1312.0266.

**Нагрев плазмы до сверхвысоких температур ( $>30$  МК)  
в солнечной вспышке 9 августа 2011 года**

***Шарыкин И.Н., Струминский А.Б., Зимовец И.В.***

*Институт Космических Исследований РАН, Москва,  
e-mail: ivan.sharykin@phystech.edu*

В работе исследуется солнечная вспышка 9 августа 2011 г. рентгеновского класса X6.9. Данное событие уникально тем, что является самой «горячей» вспышкой с 2000 по 2012 гг., температура плазмы которой по данным GOES оценивается в  $\approx 33$  МК. Целью работы является определение причины такой аномально высокой температуры плазмы, а также исследование энергетического баланса во вспышечной области с учетом наличия сверхгорячей плазмы ( $>30$  МК). Мы анализируем данные RHESSI, GOES, AIA/SDO и EVE/SDO, обсуждаем пространственную структуру вспышечной области и результаты спектрального анализа ее рентгеновского излучения. Анализ рентгеновских спектров по данным RHESSI производится в рамках однотемпературно и двухтемпературного приближения с учетом излучения горячей ( $\sim 20$  МК) и сверхгорячей ( $\sim 45$  МК) плазмы. Спектр жесткого рентгеновского излучения в обеих моделях аппроксимируется степенными функциями. Показано, что наблюдаемые особенности вспышки объясняются с помощью двухтемпературной модели, в которой сверхгорячая плазма располагается в вершинах вспышечных петель (или области магнитного каспа). Формирование сверхгорячей плазмы может быть связано с ее нагревом за счет первоначального энерговыделения и подавлением теплопроводности. Аномально высокая температура (33 МК по GOES), скорее всего, является артефактом метода расчета температуры по двухканальным измерениям GOES в рамках однотемпературного приближения, примененного к излучению многотемпературной вспышечной плазмы со слабой низкотемпературной частью.

**Связь артериального давления с пульсом при  
изменениях геомагнитной активности  
и атмосферного давления**

*Исайкина О.Ю.<sup>1</sup>, Кукса Ю.И.<sup>2</sup>, Шibaев И.Г.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> *ГИПМ (Государственный институт профилактической  
медицины)*

<sup>2</sup> *ЦГЭМИ ИФЗ РАН*

<sup>3</sup> *ИЗМИРАН*

Работа опирается на данные длительного ежедневного (утром и вечером) мониторинга артериального давления и частоты сердечных сокращений, взятых из дневника самоконтроля пациента с гипертоническим заболеванием на фоне приема гипотензивных препаратов. В публикациях [1, 2] дано описание этих показаний самоконтроля более чем за 13 лет. Для данного исследования выбран 2000 год, как содержащий подробные комментарии социальной активности пациента: экспедиции, командировки, праздники и т.д. Сначала оцениваются пульс и артериальное давление в этих ситуациях и для моментов с большой вариацией атмосферного давления. Далее сопоставляются показания мониторинга с фоновыми данными атмосферного давления и магнитных вариаций по данным ИЗМИРАН за 2000 г. Для сравнения и анализа используются ряды отражающие во времени динамику коэффициентов корреляции, которые получены при одновременном сканировании исследуемых характеристик. Длительность сканирующего интервала варьировалась от 5 до 13 дней. Такие ряды коэффициентов корреляции медицинских параметров, аналог степени скоординированности организма, взяты за основу и сопоставлены с фоновой динамикой изменения геомагнитной активности и атмосферного давления. Видно отличие характера данных утреннего и вечернего мониторинга. Отмечается чувствительность утреннего состояния организма к влиянию фоновых параметров и стабилизирующее воздействие ритмических нагрузок и принимаемого препарата к вечеру. Приведены соответствующие гистограммы и статистические характеристики.

- [1] Исайкина О.А., Кукса Ю.И., Шibaев И.Г. Оценка и сопоставление долговременной динамики артериального давления и пульса с солнечными и атмосферными параметрами // Труды Всероссийской ежегодной конференции по физике Солнца: Солнечная и солнечно-земная физика 2011, Пулково, Санкт –Петербург, 2011 г., с. 375–378.
- [2] Isaikina O., Yu. Kuksa, I. Shibaev. Analyses of Characteristics of Long-Term Monitoring of Arterial Pressure and Pulse, Journal of Environmental Science and Engineering, V. 1, №9 (B), p.1064 – 1073, 2012.

**Сравнение характеристик рядов чисел Вольфа  
и продленного гринвичского ряда площадей  
при их спектральном анализе**

*Шибает И.Г.*

*ИЗМИРАН*

Работа акцентирует внимание на отличие свойств анализируемых рядов в различных спектральных интервалах. В основу анализа положен подход дающий оценку гладкости огибающих (амплитуд) и «мгновенных» частот, которые получены преобразованием Гильберта основных спектральных компонент исследуемых массивов [1]. Выделяются временные фрагменты отличительного поведения, обсуждаются причины этого. Также сопоставляются «преобразованные» ряды чисел Вольфа и площадей, полученные преобразованием оригиналов, опирающемся на динамику амплитудно-частотной характеристики 11-летней гармонике.

- [1] Шибает И.Г. Оценка восстановленной части ряда чисел Вольфа и возможность её коррекции // *Астрономический вестник*, 2008, Т. 42, №1. С. 66–74.

**Выбросы горячей плазмы во время вспышек на Солнце  
по наблюдениям с SDO**

*Порфирьева Г.А., Якунина Г.В.*

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

На основе данных, полученных на AIA SDO, рассматриваются характеристики выбросов горячей плазмы (7–20 МК), наблюдаемых в виде диффузных облаков над аркадами вспышечных петель. В этих размытых образованиях видны чёткие детали, свидетельствующие о многокомпонентной температурной структуре облаков плазмы, эволюционирующих со временем. Температура в разных местах варьируется от 0.6 МК до 10–20 МК. Обсуждается связь между морфологическими структурами и магнитным полем и различие данных, регистрируемых с AIA SDO, HXR Hinode, SXR Yohkoh и TRACE. Качественно модельные расчеты хорошо представляют структуры аркады петель вспышки и токового слоя над ней. Используются данные из Интернета и публикаций в научных журналах.



## Частотно-временной анализ рядов наблюдений индексов солнечной активности

*Бруевич Е.А., Якунина Г.В.*

*Государственный астрономический институт им. П. К.  
Штернберга МГУ, e-mail: red-field@yandex.ru, yakunina@sai.msu.ru*

Проведен анализ временных рядов индекса солнечной активности F10.7 (1950–2011 гг.) с использованием различных материнских вейвлетов: Дебеша, Симлета, Мейера, Гаусса и Морли. Каждый вейвлет имеет свои характерные особенности, поэтому имеется возможность с помощью различных вейвлетов наилучшим образом выявить и проанализировать различные свойства исследуемого сигнала. Оказалось, что все эти вейвлеты имеют значения максимумов циклической активности примерно на одинаковых частотах. Среднее значение основного, 11-летнего цикла, составляет около 10.2 года, что согласуется с общепринятыми оценками длительности циклов в прошлом веке. Показано, что наилучшие результаты в анализе получаются при помощи вейвлетов Морли и Гаусса как вещественных, так и комплексных. Далее мы применили метод непрерывного вейвлет-преобразования с использованием материнского вейвлета Морли для частотно-временного анализа нескольких индексов солнечной активности, связанных с излучением на разных высотах солнечной атмосферы: W, F10.7, хромосферного индекса (Mg II 280 нм), потоков в корональной линии 530.3 нм (F530), вспышечного индекса (Flare Index), и индекса полного числа вспышек (Counts of flares). Одновременно с максимальным по амплитуде основным 11-летним циклом солнечной активности с помощью вейвлет-анализа мы выделили несколько малоамплитудных циклов с периодами циклическости от 1.3 до 100 лет. Для исследуемых индексов активности, соответствующих излучению Солнца на разных уровнях атмосферы, частотно-временные характеристики полученных вейвлет-преобразований оказались, в целом, весьма похожими друг на друга. При этом мы выявили некоторые различия частотно-временных характеристик, особенно в периоды усиления стохастических процессов во время максимумов и минимумов основного 11-летнего цикла.

**Общие тенденции в изменении величин индексов  
солнечной активности в конце XX — начале XXI века**

***Бруевич Е.А., Якунина Г.В.***

*Государственный астрономический институт им. П. К.  
Штернберга МГУ, e-mail: red-field@yandex.ru, yakunina@sai.msu.ru*

Проанализированы несколько глобальных индексов активности, включая числа Вольфа — W (или SSN), поток радиоизлучения на волне 10.7 см (F10.7) и солнечную постоянную (TSI). Индексы активности, в общем, показывают стандартные вариации потоков, характерные для 11-летних циклов. Относительно низкий уровень величин индексов в максимумах 23 и 24 циклах объясняется, по-видимому, наложением на 11-летнюю цикличность минимума 50–70-летнего цикла в конце XX — начале XXI веков. При этом наблюдатели (Livingston et al.) [1] обнаружили заметное уменьшение средней напряженности магнитного поля в малых и средних пятнах на фазе спада 23 цикла и на фазе подъема 24 цикла, тогда как для крупных пятен ничего не изменилось. Nagovitsyn et al. [2] показали, что в период 1998–2011 гг. число крупных пятен сильно уменьшилось, тогда как число малых и средних пятен увеличилось. В результате напряженность магнитного поля пятен, усредненная по всем пятнам, постепенно уменьшается в 23–24 циклах. Livingston et al. [1] предположили, что тенденция к уменьшению напряженности магнитного поля пятен (по наблюдениям до 25%) приведет к понижению контрастности пятен и, соответственно, к уменьшению дефицита в пятнах полного потока солнечного излучения. Соответственно полный поток излучения TSI должен будет увеличиться.

В данной работе мы показали, что общее число солнечных пятен (индекс SSN) с 1990 года относительно уменьшился на 10–15 % при одном и том же уровне потока F10.7, чем подтвердили тенденцию, обнаруженную наблюдателями. Также мы проанализировали вариации полного потока TSI в 20–24 циклах и показали, что предположение, основанное на данных наблюдений [1] справедливо: при одном и том же уровне F10.7 величина TSI в 23–24 циклах активности повышается.

[1] Livingston W. et al., 2012, *Astrophys. J.*, v. 757, L8.

[2] Nagovitsyn Yu. et al., 2012. On a possible explanation of the long-term decrease in sunspot field strength // *Astrophys. J.*, v. 758, L20.

## Тезисы, поступившие с запозданием

### Анализ НМІ магнитограмм методами вычислительной топологии

*Князева И.С., Макаренко Н.Г.*

*Главная Астрономическая Обсерватория, РАН С.-Петербург,  
e-mail: iknyazeva@gmail.com*

Мы исследуем изменения в топологии магнитного поля Активных Областей (АО) Солнца методами вычислительной топологии по магнитограммам НМІ/SDO. Для анализа используется LOS (Line-of-Sight) компонента и векторные магнитограммы. Мы оцениваем ранги двух первых групп гомологий (числа Бетти) используя фильтрацию комплексов построенных на магнитограмме. Фильтрация получается вложенной последовательностью суперинтервалов для выбросов напряженности выше заданного уровня. Первое число Бетти описывает количество компонент связности, второе – число циклов не являющихся границами. В результате получаются диаграммы персистентности на которых представлены времена жизни этих топологических инвариантов. Время жизни измеряется разностью уровней, одному из которых соответствует рождение компоненты, а второму – ее уничтожение при фильтрации. Мы приводим эволюцию зависимости чисел Бетти от уровня и кривых Эйлера, полученных по диаграммам в сравнении с вспышечной продуктивностью АО. Показано, что предложенные дескрипторы не уступают по прогностической эффективности известным Sharp-параметрам, но имеют, в отличие от последних, строгий топологический контекст.

## Вынужденные осцилляции вспышечной корональной петли с минутным периодом

Куприянова Е.Г.<sup>1</sup>, Мельников В.Ф.<sup>1</sup>, Шибата К.<sup>2,3</sup>,  
Шибасаки К.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Пулковская обсерватория, С.-Петербург, e-mail: elenku@bk.ru

<sup>2</sup> Университет Киото, Киото, Япония

<sup>3</sup> Обсерватории Квасан и Хида, Япония

<sup>4</sup> Солнечная радиообсерватория Нобеяма, Япония

Исследуется пространственная структура минутных квазипериодических пульсаций (КПП) микроволнового излучения солнечной вспышки 14 мая 2014 по данным Радиогелиографа Нобеяма на частоте 17 ГГц. Импульсная фаза вспышки ассоциируется с появлением и развитием компактной петли длиной 22 Мм вблизи северного основания протяженной петли длиной 40 Мм. Основные процессы вспышечного энерговыделения происходят в компактной петле.

В различных участках вспышечной области выделены периодические компоненты с периодами от 50 с до 180 с. Найдено, что КПП с периодом порядка 60 с присутствуют как в большой петле, так и в малой петле. В большой петле эти колебания синхронны на всем протяжении петли. Обнаружена фазовая задержка (около 40 с) этих колебаний относительно колебаний в малой петле. Найденный период 60 с соответствуют периодам основного тона стоячей медленной магнитозвуковой волны (ММЗ) в малой петле при параметрах плазмы  $T_0 = 2 \cdot 10^7$  К,  $n_0 = 5 \cdot 10^{10}$  см<sup>-3</sup>,  $B_0 = 300$  Гс. Однако, тот факт, что одинаковые периоды наблюдаются в двух петлях, с размерами, отличающимися в два раза, не согласуется с предположением о захваченных в них стоячих ММЗ волнах.

Объяснением обнаруженных спектральных и фазовых особенностей осцилляций в двух петлях может быть воздействие на компактную область ускорения электронов в большой петле бегущей ММЗ волной, возбужденной ММЗ колебаниями в малой петле. При параметрах плазмы в большой петле  $T_0 = 5 \cdot 10^6 - 10^7$  К,  $n_0 = 5 \cdot 10^{10} - 10^{11}$  см<sup>-3</sup>,  $B_0 = 100$  Гс средняя фазовая скорость ММЗ моды составит  $v_{ph} \approx 400$  км/с. Отсюда получаем оценку расстояния от места взаимодействия петель до источника ускоренных электронов в большой петле:  $\Delta L \approx 16000$  км, т.е. вблизи вершины большой петли.

**Крымские измерения общего магнитного поля Солнца  
в 2004–2013 годах**

***Ханейчук В.И., Котов В.А., Цап Ю.Т.***

*НИИ «Крымская астрофизическая обсерватория», п. Научный,  
Крым 298409;*

*e-mail: han@crao.crimea.ua, vkotov@crao.crimea.ua,  
yur@crao.crimea.ua*

Общее магнитное поле фотосферы Солнца-как-звезды измеряется в КраО с 1968 г., что представляет большой интерес в свете проблемы магнитной переменности Солнца, его вращения и циклов активности. Здесь приведены и проанализированы новые измерения спектральной линии поглощения Fe I  $\lambda 5250$  Å, выполненные на телескопе БСТ-1 в 2004–2013 гг. (1173 суточных значений). Обращается внимание на значительные различия напряженностей, измеренных практически одновременно в КраО и Стэнфорде по линии  $\lambda 5250$  Å. Показано, что это можно объяснить разными положениями и размерами выходных щелей фотометров двух инструментов.

Отмечено также различие в напряженностях магнитного поля, полученные в КраО по линиям  $\lambda 5250$  и  $\lambda 5247$  Å с факторами Ланде 3 и 2 соответственно. Хотя коэффициент корреляции между ними  $r = 0.94$ , наклон линейной регрессии в среднем имеет значение 0.831 и зависит от уровня солнечной активности, меняясь со временем от 0.33 (2009 г.) до 0.91 (2011 г.). Его изменение со временем объясняется вариациями площадей фотосферных элементов с килогауссовыми магнитными полями. Обсуждается связь между общим магнитным полем Солнца и теорией динамо.

**Измерение высот формирования излучения на  
различных длинах волн УФ и КУФ диапазона  
в атмосфере тени пятна по наблюдениям  
трехминутных колебаний**

***Дерес А.С., Анфиногентов С.А.***

*Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск*

Исследование волн и колебаний в атмосфере Солнца является важным разделом в физике Солнца. Колебания — это природный зонд, который несет информацию о среде, где они распространяются. Поэтому волны могут быть использованы для исследования атмосферы Солнца. В докладе представлены результаты анализа трехминутных колебаний над тенью

солнечных пятен по наблюдениям SDO/AIA на следующих длинах волн: 1700, 1600, 304, 171 и 193А. Путем анализа наблюдений колебаний проведена оценка высот излучения на данных длинах волн. Для этого были измерены задержки распространения колебаний от одного излучающего слоя к другому. При расчете расстояний между слоями скорость распространения волн считалась равной скорости звука. Полученные результаты сопоставлены с двумя моделями атмосферы тени пятна (Fontella, 2009 и Maltby, 1986).

### Solar magnetic fields and terrestrial climate

*Georgieva K.<sup>1</sup>, Nagovitsyn Yu.<sup>2</sup>, Kirov B.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Space and Solar-Terrestrial Research Institute of Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria*

<sup>2</sup>*Central Astronomical Observatory at Pulkovo, St.Petersburg, Russia*

Solar irradiance is considered one of the main natural factors affecting terrestrial climate, and its variations are included in most numerical models estimating the effects of natural versus anthropogenic factors for climate change. Solar wind causing geomagnetic disturbances is another solar activity agent whose role in climate change is not yet fully estimated but is a subject of intense research. For the purposes of climate modeling, it is essential to evaluate both the past and the future variations of solar irradiance and geomagnetic activity which are ultimately due to the variations of solar magnetic fields. Direct measurements of solar magnetic fields are available for a limited period, but can be reconstructed from geomagnetic activity records. Here we present a reconstruction of total solar irradiance based on geomagnetic data, and a forecast of the future irradiance and geomagnetic activity relevant for the expected climate change.

**База данных рентгеновских вспышек (1–8Å),  
соотносящихся с группами пятен разных классов  
(McIntosh)**

*Сотникова Р.Т.*

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск,  
e-mail: RSotnikova@bk.ru*

Для физического анализа вспышечного процесса и магнитной активности Солнца необходимо исследовать параметры вспышек, соотносящихся с группами пятен разной классификации (McIntosh). В рамках таких исследований решение ряда задач должно основываться на единой базе данных (БД), включающей в себя, как характеристики вспышек, так и параметры активных областей. Основу нашей базы составляют данные о вспышках, представляемые программой GOES и публикуемые на сайте NOAA.

Работа над составлением БД включала следующие этапы: сопоставление каждой рентгеновской вспышки с соответствующей ей активной областью и ее координатами: расчеты параметров вспышек (длительность, время роста, время спада, интегральная энергия и энергия вспышки, выделенная на фазах роста и спада). Полное число вспышек, представленных в БД, составляет 66243.

Результаты оформлены в виде файловых таблиц для каждого года и рентгеновского класса вспышки. В БД предусмотрена возможность получения информации в графическом режиме. Работа с БД происходит в среде MS ACCESS: просмотр и редактирование, добавление новых данных, поиск информации по конкретным вспышкам.

На основе БД установлено, что показатель интегрального спектра для вспышек каждого McIntosh-класса изменяется с фазой цикла. Этот результат говорит о том, что данные вариации не являются следствием перераспределения в цикле числа мощных и слабых вспышек, а отражает внутреннюю причину цикличности Солнца. Установлено, что в распределении частоты вспышек от их полной энергии для всех групп пятен присутствует 22-летняя модуляция. Присутствие ее как в спектрах, построенных для отдельных активных областей, так и в спектрах, построенных из событий во всех активных регионах, предполагает существование глобального механизма вспышечной активности. Заметны численные различия между спектральными индексами четного 22-го и нечетных 21 и 23 циклов.

Создание БД поддержано Федеральной целевой программой «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. Получено свидетельство о государственной регистрации БД.

## Вспышечная продуктивность в интервале $(1-8)\text{Å}$ , для групп пятен на разной стадии эволюции (McIntosh)

*Сотникова Р.Т.*

*Иркутский государственный университет, г. Иркутск,  
e-mail: RSotnikova@bk.ru*

В предыдущих работах автора, на основе единой базы данных параметров рентгеновских вспышек и групп пятен Цюрихской модифицированной классификации, за три цикла солнечной активности, было установлено, что зависимость частоты рентгеновских вспышек от их полной энергии выявляет заметную 22-летнюю модуляцию. Наличие данной модуляции требует уточнений, которые могут быть получены в будущем по дополнительным данным 24-го цикла или проверены на независимых исследованиях, например, продуктивности активных областей в нескольких 11-летних циклах.

Цель данной работы – оценить продуктивность рентгеновских вспышек, соотносящихся с группами солнечных пятен разной классификации на протяжении трех циклов солнечной активности (1977–2007 гг.). Для этого исследовать, все ли группы пятен дают вспышки, различна ли продуктивность группы на разной стадии своей эволюции и изменяется ли продуктивность вспышек в цикле.

Результаты выполненных исследований позволяют сделать вывод, что значения вспышечной продуктивности различны для групп пятен, находящихся на разных стадиях своей эволюции и возрастают с усложнением группы, т. е. чем мощнее группа, тем выше ее продуктивность. В статье [1] показано, что на разных этапах развития активной области структура и динамика магнитного поля в ней значительно меняется, что вероятно должно отражаться на мощности происходящих в ней вспышек. Возможно, что полученные результаты исследований настоящей работы, являются аргументами в пользу данной гипотезы. Также показано, что в период 1977–2007 гг. частота вспышек в диапазоне  $(1-8)\text{Å}$  в эпоху минимума активности предшествовала числам Вольфа в максимуме активности. Присутствует 22-летняя модуляция вспышечной активности в мягком рентгеновском диапазоне.

Работа выполнена при поддержке Федеральной целевой программой «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы по Соглашению от 24.08.2012 г. № 8407 между Минобра-



зования и науки и ИСЗФ СО РАН.

- [1] Милецкий Е.В., Наговицын Ю.А. Временные вариации среднегодовых значений напряженности магнитных полей солнечных пятен // Труды конфер. «Солнце в эпоху смены знака магнитного поля». СПб. 2001. С. 281–283.

### What causes geomagnetic activity during sunspot minimum?

***Kirov B.**<sup>1,3</sup>, **Asenovski S.**<sup>1</sup>, **Georgieva K.**<sup>1</sup>, **Obridko V.N.**<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Space Research and Technologies Institute — BAS, Sofia, Bulgaria*

<sup>2</sup>*IZMIRAN*

<sup>3</sup>*e-mail: bkirov@space.bas.bg*

Since the beginning of the geomagnetic measurements, the variations in the geomagnetic field have been related to solar activity. It is now known that big sporadic (non-recurrent) geomagnetic storms are caused by coronal mass ejections. The coronal mass ejections are related to the solar toroidal field whose manifestation are sunspots, so during sunspot maximum there is also a maximum in geomagnetic activity. Another source of geomagnetic activity are the coronal holes – open unipolar magnetic field areas from which the high speed solar wind emanates. Disturbances caused by high speed solar wind are maximum during the sunspots declining phase, which leads to two geomagnetic activity maxima in the 11-year sunspot cycle. In sunspot minimum, even during long periods without sunspots and without low-latitude coronal holes, geomagnetic disturbances are still observed. In the present work we analyze the geomagnetic activity during sunspot minimum, its sources and the reasons for its cyclic variations.

## О переменном знаке потоков энергии и вещества вблизи Солнца

*Веселовский И.С.<sup>1,2</sup>, Лукашенко А.Т.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Научно-исследовательский институт ядерной физики им.  
Д.В. Скобельцына МГУ, Москва, e-mail: veselov@dec1.sinp.msu.ru*

<sup>2</sup>*Институт космических исследований РАН, Москва*

Анализ образцов лунного грунта и метеоритов дает основания полагать, что солнечный ветер с параметрами, близкими к современным, существует не менее нескольких миллиардов лет. В настоящее время масса покоя Солнца теряется в основном за счет электромагнитного излучения в видимой области спектра. Потеря массы на испускание солнечного ветра относительно мала.

Нынешние теоретические модели и основанные на них сценарии эволюции раннего и будущего Солнца весьма неопределенны и носят во многом гипотетический характер. Согласно нашей гипотезе, солнечный ветер возник тогда, когда в недрах звезды начались термоядерные реакции, образовалась конвективная зона и появилось достаточно сильное магнитное поле, обусловленное магнитогидродинамическими движениями и, в первую очередь, дифференциальным вращением, содержащим большой запас свободной энергии для трансформации в другие виды, в том числе и в кинетическую энергию солнечного ветра. Политропная модель Бонди-Паркера имеет две ветви решения со сверхзвуковым переходом в радиальном потоке газа, движущемся либо от центра, либо к центру. На основании этой модели без дополнительных граничных условий нельзя сделать никаких выводов о направлении потока вещества и приходится его постулировать. Солнечный ветер существует потому, что таковы эволюционные условия, а вовсе не только потому, что в настоящий момент имеется горячая корона, поскольку главным движителем являются электромагнитные силы, а не градиент теплового давления. Горячая корона не является ни необходимым, ни достаточным условием для течения плазмы от Солнца, вопреки широко распространенному заблуждению.

Исследование выполнено при частичной поддержке РФФИ (грант 13-02-00461) и Программ РАН П 22 и П 26.

**О геометрии потенциального магнитного поля вблизи нулевых точек 2-го и высших порядков**

*Лукашенко А.Т.<sup>1</sup>, Веселовский И.С.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>*Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скобельцына МГУ, Москва, e-mail: veselov@dec1.sinp.msu.ru*

<sup>2</sup>*Институт космических исследований РАН, Москва*

В процессах на Солнце важную роль играет топологическая структура магнитного поля, частью которой являются нулевые точки. Дан обзор геометрии линий поля вблизи нулевых точек всех порядков потенциального магнитного поля на плоскости на основе разложения потенциала в ряд Тейлора по однородным гармоническим полиномам, а также классификации и геометрических характеристик нулевых точек 1-го порядка в трехмерном пространстве.

Если нулевые точки 1-го порядка в пространстве неоднократно описывались в литературе ранее (см., например [1]), то более высокие порядки до сих пор были исследованы мало (этому вопросам посвящена, например, публикация [2], а бифуркациям нулей поля — статья [3]).

В настоящей работе сформулированы принципы классификации и описания нулевых точек 2-го и высших порядков в трехмерном случае. Дается характеристика геометрии линий поля в окрестностях нулевых точек 2-го порядка с разными типами симметрии. Рассматриваются бифуркации нулевых точек 2-го порядка и нулей 1-го порядка с одним нулевым собственным значением матрицы вторых производных потенциала.

[1] Parnell C.E., Smith J.M., Neukirch T., Priest E.R. // *Phys. Plasmas*, 1996, v. 3, p. 759.

[2] Жугжда Ю.Д. // *Геомагнетизм и аэрономия*, 1966, т. 6., с. 506.

[3] Priest E.R., Lonie D.P., Titov V.S. // *J. Plasma Phys.*, 1996, v. 56, № 3, p. 507.

## Оглавление

<i>Абдусаматов Х.И.</i> Долговременный отрицательный среднегодовой энергетический баланс Земли приведёт к Малому ледниковому периоду . . . . .	3
<i>Абдусаматов Х.И.</i> Мониторинг отклонения среднегодового энергетического баланса Земли от равновесного состояния . . . . .	4
<i>Абдусаматов Х.И.</i> Мощность 11-летнего солнечного цикла и ее зависимость от продолжительности цикла . . . . .	5
<i>Абраменко В.И.</i> Возможности прогноза вспышечной активности по спектрам мощности магнитных полей активных областей . . . . .	6
<i>Авакян С.В., Баранова Л.А.</i> Возможности средне-долгосрочных прогнозов погоды с учётом солнечно-геомагнитной активности . . . . .	7
<i>Авакян С.В., Воронин Н.А., Кавтрев С.С.</i> Закономерности отклика глобальной облачности на вариации солнечно-геомагнитной активности . . . . .	8
<i>Авакян С.В., Воронин Н.А., Никольский Г.А.</i> Отклик атмосферного давления и температуры воздуха на солнечные события в октябре 2003 года . . . . .	10
<i>Алексеева И.В., Клим И.С.</i> Магнитные параметры протуберанцев . . . . .	11
<i>Афанасьев А.Н., Накаряков В.М.</i> Распространение нелинейных медленных магнитозвуковых волн в корональных плазменных структурах . . . . .	12
<i>Бабеева О.В., Макаренко Н.Г.</i> Методы Scale-Space для тестирования палеореконструкций . . . . .	13
<i>Баранов Д.Г., Гагарин Ю.Ф., Дергачев В.А., Ныммик Р.А.</i> Солнечные космические лучи в магнитосфере Земли в период 2002–2004 годы . . . . .	13
<i>Белишева Н.К.</i> Шпицберген – полигон для изучения психических феноменов космической погоды . . . . .	14
<i>Михаляев Б.Б., Бембитов Д.Б.</i> Нелинейное резонансное возбуждение радиальных колебаний в корональных петлях . . . . .	16
<i>Веселовский И.С., Михаляев Б.Б., Бембитов Д.Б.</i> Нелокальные и нелинейные волновые процессы в плазме солнечной короны . . . . .	17
<i>Беневоленская Е.Е., Понявин Ю.Д.</i> «Импульсная» природа цикла солнечной активности 24 . . . . .	17
<i>Биленко И.А.</i> Корональные выбросы массы и радиовсплески II типа в 23–24 циклах солнечной активности . . . . .	18
<i>Богданов М.Б.</i> Изменения приземных характеристик атмосферы при форбуш-понижениях потока космических лучей . . . . .	19
<i>Богданов М.Б.</i> Оценка частотной характеристики реакции приземного давления атмосферы на изменение потока космических лучей . . . . .	20

<i>Богод В.М., Петерова Н.Г., Топчило Н.А.</i> О возможности радиоизмерений магнитного поля в холодных слоях пятен . . . . .	21
<i>Абрамов-Максимов В.Е., Боровик В.Н., Опейкина Л.В., Тлатов А.Г.</i> Динамика микроволновых источников над нейтральной линией и магнитографических параметров солнечных пятен как прогностический фактор больших вспышек . . . . .	22
<i>Вальчук Т.Е.</i> Геомагнитные возмущения 24 цикла и их источники в солнечном ветре — статистика и фрактальный анализ . . . . .	22
<i>Павлов А.К., Блинов А.В., Васильев Г.И., Вдовина М.А., Константинов А.Н., Остряков В.М.</i> «Изотопные следы» гамма- и протонных событий и аномальный сигнал в радиоуглероде в 775 г.н.э.	24
<i>Веретененко С.В., Огурцов М.Г.</i> Нарушение корреляции между аномалиями нижней облачности и потоками галактических космических лучей и его возможные причины . . . . .	26
<i>Веретененко С.В., Огурцов М.Г.</i> О возможном влиянии авроральной активности на интенсивность стратосферного циркумполярного вихря . . . . .	27
<i>Вернова Е.С., Тясто М.И., Баранов Д.Г.</i> Широтно-временные характеристики фотосферного магнитного поля Солнца . . . . .	28
<i>Волобуев Д.М., Макаренко Н.Г., Уртъев Ф.А.</i> Радиоуглеродная версия 11-летних вариаций межпланетного магнитного поля с 1250 года . . . . .	29
<i>Выборнов В.И., Лившиц М.А.</i> Каталог жёстких рентгеновских вспышек на Солнце, зарегистрированных на HEND/Mars Odyssey в 2001–2014 годах . . . . .	29
<i>Галкин В.Д., Никанорова И.Н.</i> Солнечная активность и атмосферный водяной пар . . . . .	30
<i>Голубчина О.А.</i> Анализ физических характеристик корональных дыр в микроволновом диапазоне . . . . .	31
<i>Горшков А.Б., Батулин В.А.</i> Область диффузионного овершутинга под конвективной зоной Солнца . . . . .	32
<i>Выборнов В.И., Григорьева И.Ю., Лившиц М.А., Иванов Е.Ф.</i> Жёсткое рентгеновское излучение очень слабых вспышек . . . . .	32
<i>Губченко В.М.</i> К кинетическому описанию расширяющихся горячих плазменных корон . . . . .	33
<i>Данилова О.А.</i> Теоретические и экспериментальные жесткости обрезания космических лучей в период геомагнитной бури в сентябре 2005 года . . . . .	34
<i>Дергачев В.А.</i> Межледниковые интервалы последнего миллиона лет и продолжительность текущего межледниковья . . . . .	35
<i>Дивлекеев М.И.</i> Активность Солнца в период переполусовки магнитного поля . . . . .	36

<i>Дергачев В.А., Дмитриев П.Б.</i> Орбитальная цикличность в изменении климата последних трёх миллионов лет . . . . .	36
<i>Ерофеев Д.В.</i> Долготная структура солнечной активности: регулярное и стохастическое поведение . . . . .	37
<i>Загайнова Ю.С., Файнштейн В.Г., Обриджо В.Н.</i> Сравнение параметров магнитного поля в ведущих и замыкающих солнечных пятнах и свойства атмосферы над ними . . . . .	38
<i>Загайнова Ю.С.</i> Новый метод исправления спектрограмм и изображений Солнца за рассеянный свет в исследованиях свойств солнечных пятен . . . . .	39
<i>Зайцев В.В.</i> Ультратонкие магнитные структуры в хромосфере . . . . .	40
<i>Золотова Н.В., Полявин Д.И.</i> О правиле Гневышева–Оля и его нарушениях . . . . .	41
<i>Иванов В.Г., Милецкий Е.В.</i> Пространственные особенности распределения пятен в солнечном цикле и модель динамо в тонком слое . . . . .	42
<i>Иванов Е.В.</i> Об изменении характера связи корональных выбросов массы с соответствующими рентгеновскими вспышками в течение 11-летнего цикла солнечной активности . . . . .	42
<i>Ихсанов Р.Н., Иванов В.Г.</i> Эволюция магнитного поля Солнца разных масштабов в 21–22-м циклах . . . . .	44
<i>Ишков В.Н.</i> Вспышечная активность солнечных циклов переходных периодов — солнечные вспышечные суперсобытия . . . . .	44
<i>Ишков В.Н.</i> Текущий 24 цикл солнечной активности: характеристики, ход и прогноз развития . . . . .	45
<i>Калинин А.А.</i> Параметры плазмы активного протуберанца 29 марта 2006 года, определенные по УФ затменному спектру . . . . .	47
<i>Кальтман Т.И., Коржавин А.Н., Тохчукова С.Х.</i> Эволюция микроволнового излучения вспышки М1.1 по наблюдениям на РАТАН-600 . . . . .	47
<i>Кальтман Т.И., Кочанов А.А., Мышьяков И.И., Максимов В.П., Просовецкий Д.В., Тохчукова С.Х.</i> Наблюдения и моделирование пространственного распределения и спектра микроволнового излучения активной области NOAA 11734 . . . . .	48
<i>Кальтман Т.И., Тохчукова С.Х., Богод В.М., Коржавин А.Н.</i> Микроволновые наблюдения инверсии знака круговой поляризации излучения активных областей . . . . .	49
<i>Караханян А.А., Молодых С.И.</i> Динамика вертикального профиля температуры внетропических циклонов в минимуме солнечной активности . . . . .	50
<i>Kasinsky V.V.</i> The short periodic variations of the solar rotation in the chromosphere and photosphere (1987–1991) . . . . .	50

<i>Касинский В.В.</i> Пространственная анизотропия хромосферных вспышек в системе координат пятен и векторные диаграммы бабочек в циклах Солнца . . . . .	51
<i>Кацова М.М., Бондарь Н.И.</i> Звёзды в эпоху формирования активности солнечного типа . . . . .	52
<i>Кым И.С., Бугаенко О.И., Лисин Д.В., Насонова Л.П.</i> Регистрации К-короны в диапазоне $< 1.5 R_{\odot}$ . . . . .	53
<i>Канунников И.Е., Киселев Б.В.</i> Исследование влияния геомагнитной активности на ЭЭГ человека методом рекуррентных диаграмм	54
<i>Киселев Б.В.</i> Поиск хаотичности и детерминизма в индексах аномалии приземной температуры . . . . .	55
<i>Кичатинов Л.Л.</i> Глобальные минимумы солнечной активности в моделях динамо с флуктуирующими параметрами . . . . .	56
<i>Комендант В.Г., Кошкин Н.И., Рябов М.И., Сухарев А.Л.</i> Определение структуры воздействия проявлений космической погоды на верхнюю атмосферу Земли по данным торможения ИСЗ . . . . .	57
<i>Константинов А.Н., Ковылова Е.Г.</i> Вероятность импульсного события в радиоуглеродном ряду в VIII-XI веках . . . . .	58
<i>Коржавин А.Н.</i> Динамика магнитной полутени стационарных солнечных пятен . . . . .	58
<i>Костюченко И.Г., Беневоленская Е.Е.</i> Закономерности долготного распределения солнечных пятен в последних 13 минимумах солнечной активности . . . . .	59
<i>Крамынин А.П., Михалина Ф.А.</i> О продолжительности 11-летних циклов солнечной активности . . . . .	60
<i>Кудрявцев И.В., Мельников В.Ф., Чариков Ю.Е.</i> Особенности угловой зависимости степени поляризации жесткого рентгеновского излучения из различных частей вспышечной магнитной петли . . . . .	60
<i>Кудрявцева А.В., Лубышев Б.И., Максимов В.П., Обухов А.Г.</i> Уточнение границ и удаление разрывов при оконтуривании слабоконтрастных образований на Солнце . . . . .	61
<i>Кулагин Е.С.</i> Две модификации интерферометра Фабри-Перо . . . . .	63
<i>Кулешова А.И., Дергачев В.А., Кудрявцев И.В., Наговицын Ю.А., Огурцов М.Г.</i> Возможное влияние климатических факторов на реконструкции скорости генерации космогенного изотопа $^{14}\text{C}$ в атмосфере Земли и солнечная активность в прошлые эпохи . . . . .	64
<i>Богод В.М., Курочкин Е.А., Яснов Л.В.</i> Спектральные характеристики источников, расположенных над нейтральной линией фотосферного магнитного поля, и их связь со вспышками . . . . .	65

<i>Богод В.М., Кальтман Т.И., Коржавин А.Н., Курочкин Е.А., Петерова Н.Г., Свидский П.М., Топчило Н.А., Тохчукова С.Х., Шендрик А.В.</i> Прогноз мощных солнечных вспышек на основе микроволновых наблюдений РАТАН-600 . . . . .	65
<i>Леденцов Л.С., Сомов Б.В.</i> МГД разрывы в солнечных вспышках: непрерывные переходы и нагрев плазмы . . . . .	66
<i>Гриб С.А., Леора С.Н.</i> Магнитные облака и магнитные дыры как типичные МГД структуры в солнечном ветре . . . . .	67
<i>Лотова Н.А., Корелов О.А., Субаев И.А.</i> Новости в изучении солнечного ветра . . . . .	67
<i>Мельников В.Ф., Чариков Ю.Е., Кудрявцев И.В.</i> Направленность жесткого рентгеновского излучения из различных частей вспышечной петли . . . . .	68
<i>Мерзляков В.Л., Старкова Л.И.</i> Долготная неоднородность генерации тороидального магнитного поля Солнца . . . . .	69
<i>Мерзляков В.Л.</i> Магнитный источник активной области с протуберанцем . . . . .	70
<i>Милецкий Е.В., Иванов В.Г.</i> Амплитудно-временные взаимосвязи на различных широтах в 11-летнем цикле солнечной активности . . . . .	70
<i>Милецкий Е.В., Иванов В.Г., Наговицын Ю.А.</i> Переполусовки полярного магнитного поля Солнца, амплитуды 11-летних циклов и особые точки широтных характеристик солнечных пятен . . . . .	71
<i>Минасянц Г.С., Минасянц Т.М.</i> Свойства развития потоков частиц солнечных космических лучей . . . . .	72
<i>Можаровский С.Г.</i> О значительном влиянии градиентов магнитного поля и лучевой скорости на эффективные глубины отклика крыльев спектральных линий . . . . .	72
<i>Кузнецов С.А., Моргачев А.С., Мельников В.Ф.</i> Анализ распределения степени поляризации вдоль солнечных вспышечных петель в событии 19 июля 2012 года . . . . .	73
<i>Моторина Г.Г., Kontar E.P.</i> Дифференциальная мера эмиссии, полученная в результате комбинирования RHESSI, SDO/AIA наблюдений . . . . .	74
<i>Наговицын Ю.А., Кулешова А.И.</i> Северо-южная асимметрия солнечной активности на длительной временной шкале . . . . .	74
<i>Наговицын Ю.А., Обриджо В.Н., Кулешова А.И.</i> Предельно высокие значения уровня солнечной активности на длительных временах . . . . .	75
<i>Наговицын Ю.А., Певцов А.А., Осипова А.А.</i> Магнитное поле и площадь солнечных пятен . . . . .	75
<i>Никольская К.И.</i> Концепция «Солнечная корона как источник солнечного ветра» в свете современных наблюдений . . . . .	76



<u>Огурцов М.Г., Дергачев В.А., Кудрявцев И.В., Наговицын Ю.А., Остряков В.М.</u> О возможном вкладе вариаций приземной температуры в концентрацию радиоуглерода в атмосфере Земли . . . . .	77
<u>Огурцов М.Г.</u> Трёхвековой солнечный цикл . . . . .	77
<u>Орешина А.В., Батурич В.А., Горшков А.Б.</u> Эволюция конвективной зоны и содержания лития на Солнце . . . . .	78
<u>Остряков В.М.</u> О возможности измерения коэффициентаpitch-углового рассеяния вблизи $\theta = 90^\circ$ . . . . .	79
<u>Ефремов В.И., Парфиненко Л.Д., Соловьев А.А.</u> Обнаружение в атмосфере Солнца по наземным и космическим данным пространственных структур в масштабах, превышающих размеры супергрануляции . . . . .	79
<u>Подгорный И.М., Подгорный А.И.</u> Ускорение и распространение солнечных космических лучей . . . . .	80
<u>Попов В.В., Ким И.С.</u> Наблюдательные проявления электрических токов в К-короне . . . . .	81
<u>Попова Е.П., Юхина Н.А.</u> Уравнение Гамильтона-Якоби для двумерной модели альфа-омега динамо с меридиональной циркуляцией . . . . .	82
<u>Пустильник Л.А.</u> «Неприличные» вопросы к теории вспышечного энерговыделения: перегрев токового слоя и неравновесность предвспышечного состояния магнитного скелета над активной областью. . . . .	82
<u>Рагульская М.В., Обриджо В.Н., Руденчик Е.А., Громозова Е.Н., Самсонов С.Н., Паршина С.С.</u> Нестандартные особенности 23-24 циклов солнечной активности и смена адаптационной реакции биообъектов различных уровней организации в 2004–2006 годах . . . . .	84
<u>Ривин Ю.Р.</u> 27-дневная вариация геомагнитного поля и её солнечные источники . . . . .	86
<u>Ривин Ю.Р.</u> Основные погрешности определения декадных и вековых вариаций солнечной активности по последовательности среднегодных значений чисел Вольфа на интервале $\sim 300$ лет . . . . .	87
<u>Рощина Е.М., Сарычев А.П.</u> Предварительный прогноз 25-го цикла солнечной активности . . . . .	88
<u>Рябов М.И.</u> Активность северного и южного полушарий как основа проявления солнечного цикла . . . . .	88
<u>Саванов И.С.</u> Магнитная активность звезд солнечного типа, обладающих супервспышками . . . . .	90
<u>Smirnova V.V., Tsap Y.T., Morgachev A.S., Motorina G.G., Kontar E.P., Nagnibeda V.G., Strekalova P.V.</u> Theoretical interpretation of sub-THz radio emission at frequency range of 100–200 GHz based on solar flare observations on 4 July 2012 . . . . .	90

<u>Смирнова В.В., Рыжов В.С., Стрекалова П.В.</u> Новые спектральные наблюдения активных областей и вспышечных событий на Солнце на частоте 14 ГГц . . . . .	91
<u>Смирнова В.В., Соловьев А.А., Риехокайнен А.</u> Временные задержки квазипериодических вариаций потока миллиметрового излучения АО относительно вариаций напряженности магнитного поля солнечных пятен . . . . .	92
<u>Соловьев А.А.</u> Диссипация солнечного пятна через тонкий граничный слой . . . . .	93
<u>Соловьев А.А., Киричек Е.А.</u> Магнитогидростатика вертикальной силовой трубки в солнечной атмосфере: корональные петли, модель кольцевого вспышечного волокна . . . . .	94
<u>Струминский А.Б., Ган Вейкун</u> Вспышки с жестким гамма-излучением по данным FermiGRO. В чем отличия? . . . . .	94
<u>Ступишин А.Г., Богод В.М., Яснов Л.В.</u> Определение параметров солнечной атмосферы над активной областью по наблюдениям радиоизлучения на радиотелескопе РАТАН-600 . . . . .	95
<u>Суюнова Э.З., Ким И.С., Осокин А.Р.</u> Ориентация плоскости линейной поляризации $H\alpha$ излучения протуберанцев . . . . .	96
<u>Ихсанов Р.Н., Тавастьерна К.С.</u> Широотно-временная эволюция корональных дыр в 21–23-м и начале 24-го солнечных циклов . . . . .	97
<u>Тлатов А.Г., Дормидонтов Д.В., Шрамко А.Д., Киричев Р.В.</u> Наблюдения солнечной активности на патрульном телескопе - спектрогелиографе . . . . .	98
<u>Тлатов А.Г., Дормидонтов Д.В., Шрамко А.Д., Киричев Р.В., Пещеров В.С., Григорьев В.М., Демидов М.Л., Свидский П.М.</u> Первые результаты наблюдений крупномасштабных магнитных полей Солнца на телескопе-магнитографе СТОП на Горной станции ГАО РАН . . . . .	99
<u>Киричев Р.В., Коломиец С.Н., Пархоменко А.В., Скорбеж Н.Н., Тлатов А.Г.</u> Создание баз данных солнечной активности по многолетним наблюдениям отечественных обсерваторий . . . . .	100
<u>Васильева В.В., Тлатова К.А.</u> Свойства магнитных биполей в 15-24 циклах активности . . . . .	100
<u>Топчило Н.А., Петерова Н.Г.</u> Эффект Гельфрейха-Лубышева по наблюдениям активной области NOAA 11899 . . . . .	101
<u>Тягунов Н.Ф.</u> О взаимосвязи ширина – интенсивность для красной корональной линии. Наблюдательные факты. . . . .	102
<u>Уртъев Ф.А., Макаренко Н.Г.</u> Персистентные ландшафты гауссовских полей . . . . .	103

<u>Файнштейн В.Г., Егоров Я.И.</u> Пространственные распределения трехмерных характеристик КВМ типа гало и связанных ударных волн по данным LASCO . . . . .	104
<u>Филатов Л.В., Мельников В.Ф.</u> Влияние изгибных колебаний вспышечной петли на характеристики гиротронного излучения	105
<u>Хлыстов А.И.</u> Королевские широты, закон Шперера и крутильные колебания на Солнце как проявление приливов от планет . . . . .	105
<u>Цап Ю.Т., Степанов А.В., Копылова Ю.Г.</u> Накопление ускоренных электронов в корональных петлях и временные задержки нетеплового излучения солнечных вспышек . . . . .	106
<u>Кашатова Л.К., Мешалкина Н.С., Бабин А.Н., Коваль А.Н., Цап Ю.Т.</u> О природе излучения солнечной вспышки 9 августа 2011 года . . . . .	107
<u>Чариков Ю.Е., Глобина В.И., Шабалин А.Н., Елфимова Е.П.</u> Пространственная локализация процесса ускорения электронов в магнитных петлях на основе анализа спектров временных задержек жесткого рентгеновского излучения. . . . .	108
<u>Чукин В.В., Шермухамедов У.А., Аль-Тамими М.А.</u> Влияние космической погоды на атмосферное электричество и гидрологический цикл . . . . .	108
<u>Шабалин А.Н., Чариков Ю.Е.</u> Моделирование процессов распространения ускоренных электронов в солнечных вспышках . . . . .	109
<u>Шарыгин И.Н., Струмминский А.Б., Зимовец И.В.</u> Нагрев плазмы до сверхвысоких температур (>30 МК) в солнечной вспышке 9 августа 2011 года . . . . .	110
<u>Исайкина О.Ю., Кукса Ю.И., Шибаетов И.Г.</u> Связь артериального давления с пульсом при изменениях геомагнитной активности и атмосферного давления . . . . .	111
<u>Шибаетов И.Г.</u> Сравнение характеристик рядов чисел Вольфа и продолженного гринвичского ряда площадей при их спектральном анализе . . . . .	112
<u>Порфирьева Г.А., Якунина Г.В.</u> Выбросы горячей плазмы во время вспышек на Солнце по наблюдениям с SDO . . . . .	112
<u>Бруевич Е.А., Якунина Г.В.</u> Частотно-временной анализ рядов наблюдений индексов солнечной активности . . . . .	113
<u>Бруевич Е.А., Якунина Г.В.</u> Общие тенденции в изменении величин индексов солнечной активности в конце XX — начале XXI века . . . . .	114
<b>Тезисы, поступившие с запозданием . . . . .</b>	115
<u>Князева И.С., Макаренко Н.Г.</u> Анализ НМІ магнитограмм методами вычислительной топологии . . . . .	115

<u>Куприянова Е.Г., Мельников В.Ф., Шибата К., Шибасаки К.</u> Вынужденные осцилляции вспышечной корональной петли с минутным периодом . . . . .	116
<u>Ханейчук В.И., Котов В.А., Цап Ю.Т.</u> Крымские измерения общего магнитного поля Солнца в 2004–2013 годах . . . . .	117
<u>Дерес А.С., Анфиногентов С.А.</u> Измерение высот формирования излучения на различных длинах волн УФ и КУФ диапазона в атмосфере тени пятна по наблюдениям трехминутных колебаний . . . . .	117
<u>Georgieva K., Nagovitsyn Yu., Kirov B.</u> Solar magnetic fields and terrestrial climate . . . . .	118
<u>Сотникова Р.Т.</u> База данных рентгеновских вспышек (1–8Å), соотносящихся с группами пятен разных классов (McIntosh) . . . . .	119
<u>Сотникова Р.Т.</u> Вспышечная продуктивность в интервале (1–8)Å, для групп пятен на разной стадии эволюции (McIntosh) . . . . .	120
<u>Kirov B., Asenovski S., Georgieva K., Obridko V.N.</u> What causes geomagnetic activity during sunspot minimum? . . . . .	121
<u>Веселовский И.С., Лукашенко А.Т.</u> О переменном знаке потоков энергии и вещества вблизи Солнца . . . . .	122
<u>Лукашенко А.Т., Веселовский И.С.</u> О геометрии потенциального магнитного поля вблизи нулевых точек 2-го и высших порядков . . . . .	123
Оглавление . . . . .	124
Список авторов . . . . .	133

## Список авторов

- Абдусаматов Х.И., 3–5  
Абраменко В.И., 6  
Абрамов-Максимов В.Е., 22  
Авакян С.В., 7, 8, 10  
Алексеева И.В., 11  
Аль-Тамими М.А., 108  
Анфиногентов С.А., 117  
Асеновский С., 121  
Афанасьев А.Н., 12  
Бабеева О.В., 13  
Бабин А.Н., 107  
Баранов Д.Г., 13, 28  
Баранова Л.А., 7  
Батурин В.А., 32, 78  
Белишева Н.К., 14  
Бембитов Д.Б., 16, 17  
Беневоленская Е.Е., 17, 59  
Биленко И.А., 18  
Блинов А.В., 24  
Богданов М.Б., 19, 20  
Богод В.М., 21, 49, 65, 95  
Бондарь Н.И., 52  
Боровик В.Н., 22  
Бруевич Е.А., 113, 114  
Бугаенко О.И., 53  
Вальчук Т.Е., 22  
Васильев Г.И., 24  
Васильева В.В., 100  
Вдовина М.А., 24  
Веретененко С.В., 26, 27  
Вернова Е.С., 28  
Веселовский И.С., 17, 122, 123  
Волобуев Д.М., 29  
Воронин Н.А., 8, 10  
Выборнов В.И., 29, 32  
Гагарин Ю.Ф., 13  
Галкин В.Д., 30  
Ган Вейкун, 94  
Георгиева К., 118, 121  
Глобина В.И., 108  
Голубчина О.А., 31  
Горшков А.Б., 32, 78  
Гриб С.А., 67  
Григорьев В.М., 99  
Григорьева И.Ю., 32  
Громозова Е.Н., 84  
Губченко В.М., 33  
Данилова О.А., 34  
Демидов М.Л., 99  
Дергачев В.А., 13, 35, 36, 64, 77  
Дерес А.С., 117  
Дивлекеев М.И., 36  
Дмитриев П.Б., 36  
Дормидонтов Д.В., 98, 99  
Егоров Я.И., 104  
Елфимова Е.П., 108  
Ерофеев Д.В., 37  
Ефремов В.И., 79  
Загайнова Ю.С., 38, 39  
Зайцев В.В., 40  
Зимовец И.В., 110  
Золотова Н.В., 41  
Иванов В.Г., 42, 44, 70, 71  
Иванов Е.В., 42  
Иванов Е.Ф., 32  
Исайкина О.Ю., 111  
Ихсанов Р.Н., 44, 97  
Ишков В.Н., 44, 45  
Кавтрев С.С., 8  
Калинин А.А., 47  
Кальтман Т.И., 47–49, 65  
Канунников И.Е., 54  
Караханян А.А., 50  
Касинский В.В., 50, 51  
Кацова М.М., 52  
Кашапова Л.К., 107  
Ким И.С., 11, 53, 81, 96  
Киричек Е.А., 94

Киров Б., 118, 121  
 Кирпичев Р.В., 98–100  
 Киселев Б.В., 54, 55  
 Кичатинов Л.Л., 56  
 Князева И.С., 115  
 Коваль А.Н., 107  
 Ковылова Е.Г., 58  
 Коломиец С.Н., 100  
 Комендант В.Г., 57  
 Константинов А.Н., 24, 58  
 Контар Е.П., 74  
 Копылова Ю.Г., 106  
 Корелов О.А., 67  
 Коржавин А.Н., 47, 49, 58, 65  
 Костюченко И.Г., 59  
 Котов В.А., 117  
 Кочанов А.А., 48  
 Кошкин Н.И., 57  
 Крамынин А.П., 60  
 Кудрявцев И.В., 60, 64, 68, 77  
 Кудрявцева А.В., 61  
 Кузнецов С.А., 73  
 Кукса Ю.И., 111  
 Кулагин Е.С., 63  
 Кулешова А.И., 64, 74, 75  
 Куприянова Е.Г., 116  
 Курочкин Е.А., 65  
 Леденцов Л.С., 66  
 Леора С.Н., 67  
 Лившиц М.А., 29, 32  
 Лисин Д.В., 53  
 Лотова Н.А., 67  
 Лубышев Б.И., 61  
 Лукашенко А.Т., 122, 123  
 Макаренко Н.Г., 13, 29, 103, 115  
 Максимов В.П., 48, 61  
 Мельников В.Ф., 60, 68, 73, 105, 116  
 Мерзляков В.Л., 69, 70  
 Мешалкина Н.С., 107  
 Милецкий Е.В., 42, 70, 71  
 Минасянц Т.М., 72  
 Минасянц Г.С., 72  
 Михалина Ф.А., 60  
 Михалев Б.Б., 16, 17  
 Можаровский С.Г., 72  
 Молодых С.И., 50  
 Моргачев А.С., 73, 90  
 Моторина Г.Г., 74, 90  
 Мышьяков И.И., 48  
 Нагнибеда В.Г., 90  
 Наговицын Ю.А., 64, 71, 74, 75, 77,  
 118  
 Накаряков В.М., 12  
 Насонова Л.П., 53  
 Никанорова И.Н., 30  
 Никольская К.И., 76  
 Никольский Г.А., 10  
 Ныммик Р.А., 13  
 Обридко В.Н., 38, 75, 84, 121  
 Обухов А.Г., 61  
 Огурцов М.Г., 26, 27, 64, 77  
 Опейкина Л.В., 22  
 Орешина А.В., 78  
 Осипова А.А., 75  
 Осокин А.Р., 96  
 Остряков В.М., 24, 77, 79  
 Павлов А.К., 24  
 Парфиненко Л.Д., 79  
 Пархоменко А.В., 100  
 Паршина С.С., 84  
 Певцов А.А., 75  
 Петерова Н.Г., 21, 65, 101  
 Пещеров В.С., 99  
 Подгорный А.И., 80  
 Подгорный И.М., 80  
 Понявин Д.И., 41  
 Понявин Ю.Д., 17  
 Попов В.В., 81  
 Попова Е.П., 82  
 Порфирьева Г.А., 112  
 Просовецкий Д.В., 48  
 Пустильник Л.А., 82  
 Рагульская М.В., 84  
 Ривин Ю.Р., 86, 87

Риохокайнен А., 92  
 Рощина Е.М., 88  
 Руденчик Е.А., 84  
 Рыжов В.С., 91  
 Рябов М.И., 57, 88  
 Саванов И.С., 90  
 Самсонов С.Н., 84  
 Сарычев А.П., 88  
 Свидский П.М., 65, 99  
 Скорбеж Н.Н., 100  
 Смирнова В.В., 90–92  
 Соловьев А.А., 79, 92–94  
 Сомов Б.В., 66  
 Сотникова Р.Т., 119, 120  
 Старкова Л.И., 69  
 Степанов А.В., 106  
 Стрекалова П.В., 90, 91  
 Струминский А.Б., 94, 110  
 Ступишин А.Г., 95  
 Субаев И.А., 67  
 Сухарев А.Л., 57  
 Суюнова Э.З., 96  
 Тавастшерна К.С., 97  
 Тлатов А.Г., 22, 98–100  
 Тлатова К.А., 100  
 Топчило Н.А., 21, 65, 101  
 Тохчукова С.Х., 47–49, 65  
 Тягун Н.Ф., 102  
 Тясто М.И., 28  
 Уртъев Ф.А., 29, 103  
 Файнштейн В.Г., 38, 104  
 Филатов Л.В., 105  
 Ханейчук В.И., 117  
 Хлыстов А.И., 105  
 Цап Ю.Т., 90, 106, 107, 117  
 Чариков Ю.Е., 60, 68, 108, 109  
 Чукин В.В., 108  
 Шабалин А.Н., 108, 109  
 Шарькин И.Н., 110  
 Шендрик А.В., 65  
 Шермухамедов У.А., 108  
 Шибаев И.Г., 111, 112  
 Шибасаки К., 116  
 Шибата К., 116  
 Шрамко А.Д., 98, 99  
 Юхина Н.А., 82  
 Якунина Г.В., 112–114  
 Яснoв Л.В., 65, 95  
 Asenovski S., 121  
 Georgieva K., 118, 121  
 Kasinsky V.V., 50  
 Kirov B., 118, 121  
 Kontar E.P., 74, 90  
 Morgachev A.S., 90  
 Motorina G.G., 90  
 Nagnibeda V.G., 90  
 Nagovitsyn Yu., 118  
 Obridko V.N., 121  
 Smirnova V.V., 90  
 Strekalova P.V., 90  
 Tsap Y.T., 90