

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ГЛАВНАЯ (ПУЛКОВСКАЯ) АСТРОНОМИЧЕСКАЯ
ОБСЕРВАТОРИЯ

**СОЛНЕЧНАЯ
И СОЛНЕЧНО-ЗЕМНАЯ ФИЗИКА — 2012**

***ВСЕРОССИЙСКАЯ ЕЖЕГОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
ПО ФИЗИКЕ СОЛНЦА***

24 – 28 сентября 2012 года

Санкт-Петербург
2012

Сборник содержит тезисы докладов, представленных на Всероссийскую ежегодную конференцию по физике Солнца «Солнечная и солнечно-земная физика — 2012» (24 – 28 сентября 2012 года, ГАО РАН, Санкт-Петербург). Конференция проводится Главной (Пулковской) астрономической обсерваторией РАН при поддержке секции «Солнце» Научного совета по астрономии РАН и секции «Плазменные процессы в магнитосферах планет, атмосферах Солнца и звезд» Научного совета «Солнце-Земля». 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*), В.М. Богод (*САО РАН*), И.С. Веселовский (*НИИЯФ МГУ, ИКИ РАН*), К. Георгиева (*ИКСИ-БАН, Болгария*), В.А. Дергачев (*ФТИ РАН*), М.А. Лившиц (*ИЗМИРАН*), Н.Г. Макаренко (*ГАО РАН*), Ю.А. Наговицын (*ГАО РАН*), В.Н. Обридко (*ИЗМИРАН*), О.М. Распопов (*СПбФ ИЗМИРАН*), А.А. Соловьёв (*ГАО РАН*), Д.Д. Соколов (*МГУ*), А.Г. Тлатов (*ГАС ГАО РАН*).

ISSN 0552–5829

Влияние вариаций альbedo Бонда и его компонент на изменение энергетического баланса Земли

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

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

Долговременные вариации альbedo Бонда, наряду с вариациями солнечной постоянной, определяют направление изменения планетарной температуры и, тем самым, тенденции предстоящего изменения климата Земли.

Выведены формулы, описывающие альbedo Бонда и поглощаемые удельные потоки солнечного излучения земной поверхностью, атмосферой, а также планетой в целом в зависимости от альbedo земной поверхности, атмосферы и пропускания атмосферы в спектре солнечного излучения. Выведены также формулы для расчетов относительного приращения альbedo Бонда и указанных удельных тепловых потоков под действием совокупности приращений исходных определяющих параметров.

Задача решена без учета взаимных нелинейных влияний исходных параметров (альbedo земной поверхности и атмосферы и пропускания атмосферы в спектре солнечного излучения). Полученные формулы позволяют рассчитывать изменение энергетического баланса и планетарной температуры в результате одновременного независимого изменения исходных параметров.

Исследования показали, что проведение расчетов при допущении о независимом вкладе исходных параметров на определяемые величины приводит к погрешностям определения изменения компонент энергетического баланса и планетарной температуры. Это означает, что влияние совокупности исходных параметров не может быть точно описано их линейной комбинацией даже, если не учитывать их взаимного нелинейного взаимодействия.

Полученные формулы включают линейные члены, учитывающие вклад каждого из определяющих параметров, суммы их попарных произведений и произведения вариаций всех трех параметров. Определены коэффициенты при всех слагаемых в виде формул, описывающих зависимости от начальных значений параметров.

Влияние изменения площади облачного покрова на альbedo Бонда и климат Земли

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

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

Изменение планетарной температуры Земли под действием вариаций солнечной постоянной и альbedo Бонда влечет за собой соответствующее приращение концентрации водяного пара в атмосфере. Это приводит к изменению общей площади облачного покрова, которое оказывает влияние на планетарную температуру. В этой цепи взаимосвязанных и взаимно влияющих физических процессов наименее изученной остается количественная зависимость альbedo Бонда и планетарной температуры от приращения площади облаков.

Проведены исследования этого процесса, основанные на разработанной новой методике расчетов и на известных данных по энергетическому балансу в системе океан – атмосфера.

Изменение площади облачного покрова приводит к одновременному изменению величин четырех параметров: пропускания атмосферой солнечного излучения и собственного теплового излучения Земли, а также альbedo и степени черноты атмосферы. Изменение альbedo и степени черноты земной поверхности трудно поддается прогнозу, а их влияние (таяние или образование ледяного покрова поверхности Земли и т.д.) проявляется в последнюю очередь с большой временной задержкой, в то время как процесс изменения всех остальных перечисленных параметров является безынерционным.

Показано, что при увеличении площади облаков на 1% от общей площади поверхности Земли следует ожидать понижение планетарной температуры на 0,5 К, что приводит к увеличению альbedo Бонда и, следовательно, к дальнейшему понижению температуры.

Изменения пропускания атмосферы в спектре солнечного излучения и в спектре теплового излучения Земли в значительной степени взаимно компенсируют друг друга, поэтому изменение прозрачности атмосферы с ростом или уменьшением площади поверхности облаков не оказывают значимого влияния на климат Земли. Основной вклад в изменение климата вносит изменение альbedo Бонда Земли с изменением площади облачного покрова, это и определяет практически целиком тенденции изменения климата.

**Эволюция микроволнового излучения
активной области NOAA 11263
перед вспышкой X6.9 (август, 2011 г)**

Абрамов-Максимов В.Е.¹, Боровик В.Н.¹, Опейкина Л.В.²

¹ ГАО РАН, С.-Петербург, e-mail: beat@gao.spb.ru, vnborovik@mail.ru

² САО РАН, Нижний Архыз, e-mail: lvo@sao.ru

Представлены результаты исследования микроволнового излучения активной области NOAA 11263 за период с 1 по 9 августа 2011 г., предшествующий мощной солнечной вспышке балла X6.9 (GOES), которая была зарегистрирована 9 августа в 07:48 UT, когда группа находилась вблизи западного лимба. Анализировались интенсивность и круговая поляризация солнечного радиоизлучения, которые регистрировались одновременно на 70-ти волнах в диапазоне 1.65–6.0 см на радиотелескопе РАТАН–600. В начальной стадии своего развития (1–3 августа) группа пятен представляла собой биполярную структуру, состоящую из большого одиночного головного пятна и пятен в хвостовой части противоположной магнитной полярности. По мере приближения к западному лимбу в группе в области между головной и хвостовой частями всплывали новые магнитные поля различных полярностей (по наблюдениям КрАО, ГАС ГАО, Mount Wilson и SDO). Наиболее тесное сближение теней пятен с противоположными знаками магнитного поля величиной 2300–2600 Гс было зарегистрировано 7 августа. За период 1–6 августа в микроволновом излучении АО регистрировались два основных радиоисточника противоположной полярности над головной и хвостовой частями группы с доминирующим источником, связанным с головным пятном, а 7–8 августа по данным РАТАН–600 во всем рассматриваемом диапазоне волн доминировал новый источник, который проектировался на линию раздела полярностей фотосферного магнитного поля в области наиболее тесного сближения пятен противоположных полярностей. Характеристики этого источника (высокий спектральный индекс в диапазоне 2–3 см, высокие яркостные температуры и низкий процент поляризации) позволяют отнести его к «пекулярным» микроволновым источникам, которые неоднократно регистрировались на РАТАН–600 и при затменных наблюдениях во вспышечно-активных областях за 1–2 дня до мощных вспышек.

**Долгопериодные колебания солнечных пятен
по одновременным наблюдениям
на радиогелиографе Нобейма и SDO**

***Абрамов-Максимов В.Е.¹, Ефремов В.И.¹,
Парфиненко Л.Д.¹, Соловьев А.А.¹, Шибасаки К.²***

¹ ГАО РАН, С.-Петербург, e-mail: beam@gao.spb.ru

² Nobeyama Solar Radio Observatory, Minamisaku, Nagano, Japan

Приведены результаты анализа колебательных процессов с периодами от нескольких десятков минут и больше в ряде одиночных солнечных пятен нового цикла, наблюдавшихся в 2010–2011 годах в одинаковые интервалы времени в оптическом и радиодиапазонах. Используются магнитограммы HMI (SDO) с интервалом 45 сек и радиокарты на волне 1.76 см, полученные с помощью радиогелиографа Нобейма. Радиоизображения в интенсивности (параметр Стокса I) и круговой поляризации (параметр Стокса V) синтезировались с интервалом и временем усреднения также 45 сек. Временные профили, полученные по данным NoRH и SDO/HMI, показывают корреляцию колебаний радиоизлучения и магнитного поля пятна. Вейвлет-спектры и кросс-вейвлет преобразование выявляют общие периоды колебаний: 30–40 минут, 60–70 минут, 100–110 минут. Одинаковые периоды колебаний, найденные принципиально разными методами по наземным и космическим наблюдениям, подтверждают солнечную природу этих колебаний, которые могут быть проинтерпретированы как колебания пятна как целого.

**Солнечно-геомагнитная активность и энергетика
современного изменения климата**

Авакян С.В.

*ВНЦ «Государственный оптический институт имени С.И.
Вавилова», С.-Петербург; Главная (Пулковская) астрономическая
обсерватория РАН, e-mail: avak2@mail.ru*

Влияние изменения солнечно-геомагнитной активности на погодноклиматические характеристики на вековой шкале — научно доказанный факт. Однако, вопрос о степени важности такого влияния и о физических механизмах воздействия соответствующих космических факторов на тропосферу является одним из самых актуальных в современном естествознании, особенно в связи с наблюдаемым глобальным потеплением приземного воздуха.

В докладе, на основе рассмотрения введенного нами в последние годы радиооптического трехступенчатого триггерного механизма солнечно-магнитосферных — погоднo-климатических связей, выполнена энергетическая оценка влияния факторов солнечно-геомагнитной активности на распространение облачности и связанное с ним изменение теплорадиационного баланса Земли в последние три десятилетия (по спутниковым данным). Одновременно проанализирована ситуация с ростом антропогенного воздействия на современное изменение климата, включая парниковый эффект и лесосведение. Получено, что все результаты наблюдений за трендами в глобальной облачности (максимум у 1985/87 гг., падение до 2000 г., новый рост до 2003 г. включительно, и дальнейшее падение с 2004 г.) находятся в полном соответствии с радиооптическим механизмом, поскольку абсолютный максимум геомагнитной активности был в конце 2003 года (по aa-индексу). С 2004 года глобальная облачность как и aa-индекс начала падение. Уменьшение глобальной облачности до 2000 года также полностью укладывается в рамки радиооптического механизма и объясняется падением все эти годы солнечного потока ионизирующего излучения. С 1985/86 гг. началось существенное возрастание потока уходящей в космос длинноволновой радиации (с подстилающей поверхности). А это — свидетельство (в рамках радиооптического механизма) сокращения в основном как раз оптически тонкой облачности, так как такая, зарождающаяся под действием солнечных вспышек и геомагнитных бурь облачность, задерживая тепловое излучение Земли, пропускает наибольшую часть отраженного коротковолнового излучения. В этом её отличие от плотной облачности, кардинально задерживающей коротковолновую радиацию. Данные по энергетике в процессе эволюции общего радиационного баланса Земли в 1985–2003 гг. (за этот период рост величины уходящей длинноволновой радиации составил $\sim 15 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$, а величина уходящей коротковолновой радиации уменьшилась на значение около $10 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$) полностью согласуется с нашей оценкой воздействия радиооптического механизма. Действительно, уменьшение общей облачности с момента максимума солнечной активности в 1985/87 гг. по 2000 г. составил 4–5 %, что дает снижение отраженного потока на 6,8–13,7 $\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2}$. Это та оценочная величина, на которую уменьшилось значение потока уходящей коротковолновой радиации (в среднем $\sim 10 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$).

Сравнительный количественный анализ энергетики антропогенных и природных факторов современного глобального изменения климата показывает, что природный компонент (солнечно-геомагнитная активность) более важен по вкладу в радиационный баланс, чем любое другое (антропогенное) воздействие. Величина потока уходящего в космос теплового излучения Земли увеличилась на $15 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$, причем это явление как раз и связано с вкладом в теплорадиационный перенос (через радиооптиче-

ский механизм регулирования вековыми циклами солнечно-геомагнитной активности) эффекта уменьшения количества оптически тонкой (хорошо задерживающей длинноволновое излучение нижней тропосферы и подстилающей поверхности) облачности. В итоге, вековое снижение с 1985/87 гг. солнечной, а с 2004 г. и геомагнитной активности, привело к уменьшению (на $\sim 15 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$) энергетики радиационного воздействия на климатическую систему Земли (за счет дополнительно направляемого в космос тепла Земли), что в ~ 6 раз больше, чем чистый эффект от парниковых газов ($2,63 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$) и в $\sim 2,5$ раза превышает эффект лесосведения, составляющий $6,3 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$.

Итак, на основании вышеприведенных результатов можно полагать, что климатическая ситуация последние десятилетия (в эпоху нарастания глобального потепления) в рамках предложенного радиооптического триггерного механизма солнечно-погодных связей определялась прохождением во второй половине 20-го столетия вековых максимумов (квазистолетнего и квазидвухсотлетнего) циклов солнечной активности. Предполагаемый вклад в глобальные изменения климата вариаций величины Солнечной постоянной ($\sim 1 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$) несуществен на фоне как трендов солнечно-геомагнитной активности, так и нарастающего антропогенного влияния.

Возможные подходы к среднесрочным прогнозам погоды с учетом солнечно-геомагнитной активности

Авакян С.В.

ВНЦ «Государственный оптический институт имени С.И. Вавилова», С.-Петербург; Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, e-mail: avak2@mail.ru

Эволюция погоды определяется нелинейными хаотическими динамическими процессами. Поэтому метеорологи уверенно говорят об объективности существования так называемого «горизонта» в своих прогнозах, который составляет около двух недель. Однако, динамика атмосферной физикохимии может критически зависеть от очень малых изменений в начальных условиях.

В докладе показано, что основные погодно-климатические характеристики тропосферы имеют в своих вариациях «солнечный сигнал». Более того, выявленная зависимость распространенности облачности, температуры воздуха и количества осадков от цикличности солнечно-геомагнитной активности позволяет предложить методы прогноза на период от

нескольких месяцев до нескольких лет. Эти прогнозы основываются на обнаруженной корреляции пятенной и факельной активностей (чисел Вольфа и величины Солнечной постоянной). По количеству пятен и факельным полям можно прогнозировать изменение площади облачного покрова, а следовательно, и тепло-радиационный баланс Земли с заблаговременностью в несколько месяцев, а по статистике распределения крупных солнечных вспышек и мировых магнитных бурь выявлять вариации в температуре приземного воздуха и интенсивности осадков в интервале квазипериодов 2–5,5 лет.

Физика этих проявлений воздействия «солнечного сигнала» на тропосферу связывается с действием введенного нами ранее радиооптического трехступенчатого триггерного механизма, когда микроволновое излучение, генерируемое ионосферой при воздействии факторов усиленной солнечной и геомагнитной активности (повышенных потоков ионизирующего излучения Солнца и выпадающих из радиационных поясов электронов) регулирует конденсационно-кластерный процесс зарождения и дальнейшей эволюции облачности, включая осадкообразование при «засеве» кристаллами из облаков верхних ярусов.

Свойства мелкомасштабной компоненты (хромосферной сетки) по многоволновым наблюдениям на РАТАН-600

*Алиссандракис К.Е.¹, Богод В.М.², Кальтман Т.И.²,
Тохчукова С.Х.²*

¹ Университет в Иоаннина, Греция, e-mail: calissan@cc.uoi.gr

² Специальная астрофизическая обсерватория, Филиал в
С.-Петербурге, e-mail: vbog@sao.ru

В данной работе мы представляем наблюдения мелкомасштабной микроволновой структуры спокойного Солнца [1], выполненные на радиотелескопе РАТАН-600 с новым спектрально-поляризационным комплексом. Такая структура регулярно регистрируется в рутинных микроволновых наблюдениях благодаря высокой чувствительности крупного радиотелескопа рефлекторного типа и отражает проявление в радиодиапазоне различных структур: от супергрануляционной сетки, тонкой структуры флоккул до ярких рентгеновских точек. Приводятся методические особенности анализа свойств такой структуры с использованием новых инструментальных возможностей. В частности, дана оценка величины магнитного поля и обсуждаются возможные механизмы излучения такой структуры.

[1] В.М Богод, Д.В Корольков// Письма в АЖ, 1975, 1, с. 25.

**Исследование геомагнитных бурь, вызванных
процессами на Солнце и в гелиосфере, по данным
мюонного годоскопа УРАГАН**

***Астапов И.И., Барбашина Н.С., Богданов А.Г.,
Михайленко А.С., Петрухин А.А., Шутенко В.В.,
Яшин И.И***

*Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,
Москва, e-mail: IIAstapov@mephi.ru*

Исследования геомагнитных возмущений в настоящее время проводятся с помощью различных наземных и спутниковых методов. Спутниковые исследования проводятся с целью получения глобальной картины геомагнитного поля, состояния ионосферы, радиационных поясов и околоземного межпланетного пространства. Для проведения наземных исследований геомагнитных возмущений организована глобальная сеть магнитного мониторинга. По данным наземных магнитных обсерваторий вычисляются индексы геомагнитной активности. Состояния магнитосферы Земли зависят от характеристик и динамики потока намагниченной солнечной плазмы. От этих же факторов так же зависит распространение в гелиосфере потока заряженных космических лучей. Но, в отличие от магнитосферы, поток космических лучей чувствителен к вариациям этих факторов на протяжении всего своего пути следования к Земле.

Применение для подобных исследований мюонов космических лучей (КЛ) представляет большой интерес, так как они распространяются со скоростями близкими к скорости света, которые намного превышают скорости распространения любых возмущений в гелиосфере и магнитосфере. Использование для этой цели мюонной компоненты, генерируемой первичными частицами КЛ, представляет особый интерес, так как мюоны сохраняют направление движения первичных частиц. Мюонный годоскоп УРАГАН [1], регистрирует поток мюонов на поверхности Земли одновременно с различных направлений, что позволяет проводить пространственно-угловые измерения модуляций космических лучей в околоземном пространстве и изучать динамику изменения потока мюонов в широком диапазоне зенитных и азимутальных углов с помощью одной установки. Это в свою очередь дает возможность изучать анизотропию потока мюонов, вызванную возмущениями межпланетного магнитного поля и магнитного поля Земли. А ее наблюдение может дать дополнительную информацию

о характере этих возмущений значительно раньше, чем эти возмущения достигнут космических аппаратов, работающих вблизи Земли.

В данной работе приводятся результаты анализа данных мюонного годоскопа во время геомагнитных бурь, вызванных процессами на Солнце и в гелиосфере за период с 2009 по 2011 год. Для выделения интервалов геомагнитных бурь использовались данные базы OMNI2 [2]. Сравнительный анализ пространственно-угловых вариаций потока мюонов во время геомагнитных возмущений различных типов показал, что при усилении геомагнитной бури усиливаются и изменения пространственно-угловых вариаций. Приведены корреляционные зависимости между параметрами возмущений магнитосферы и характеристиками проникающей компоненты космических лучей на поверхности Земли. Представлены результаты апробации разработанных подходов к исследованию гелиосферных и магнитосферных возмущений.

Работа выполнена в Научно-образовательном центре НЕВОД НИЯУ МИФИ в рамках ведущей научной школы НШ-6817.2012.2 при поддержке Министерства Образования и Науки России (контракт №16.518.11.7053) и Федеральной Целевой Программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России»

[1] Барбашина Н.С. и др. // ПТЭ, 2008, № 2, с. 26-32.

[2] База данных OMNI: <http://omniweb.gsfc.nasa.gov/ow.html>

Регистрация солнечных магнитных облаков в гелиосфере в потоке мюонов космических лучей

***Астапов И.И., Ампилогов Н.В., Барбашина Н.С.,
Борог В.В., Компаниец К.Г., Чернов Д.В., Яковлева Е.И.***

*Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,
Москва, e-mail: VVBorog@mephi.ru*

На предыдущей конференции [1] был представлен новый дистанционный метод мюонной диагностики для изучения высокоэнергичных динамических процессов на Солнце и их проявлений в гелиосфере по возмущению потока релятивистских частиц первичных космических лучей (ПКЛ). Для регистрации заряженных мюонов (продуктов ПКЛ в глубине атмосферы) используется наземный широкоапертурный координатный детектор (мюонный годоскоп) с высоким пространственным разрешением (около 1-градуса) для определения направления траектории отдельных

частиц. Аппаратура работает круглосуточно и осуществляет сбор данных в непрерывном режиме в виде последовательности 1-минутных снимков-матриц направленной интенсивности ПКЛ из видимой части гелиосферы.

Мюонный годоскоп позволяет дистанционно регистрировать возмущения в межпланетном магнитном поле (ММП), связанные с эрупцией корональных выбросов массы плазмы (КВМ) с топологией магнитного облака (МО), представляющего собой расширяющуюся петлеобразную «скрученную трубку» магнитного поля. В зависимости от скорости, МО может достигать орбиты Земли через 1.5–3 суток. Мюонный годоскоп позволяет регистрировать их на дальних «подступах» от Земли в потоке ПКЛ. В таких событиях, при суточном вращении Земли будут наблюдаться вариации потока мюонов в утреннее и вечернее время (относительно направления от Солнца), связанные с прохождением ПКЛ вдоль двух разных ветвей МО с возмущенным магнитным полем. Амплитуда вариаций не стационарна и составляет малую величину (порядка статистической точности), поэтому используются специальные методы обработки: учет тренда, нормализация матричных временных рядов, применение вейвлет-анализа.

При небольших скоростях распространения МО подобные возмущения могут регистрироваться рекуррентно в течение 2–3 суток. Космические лучи из возмущенной области гелиосферы достигают Земли практически мгновенно (не более 10 минут), поэтому время регистрации МО в мюонном годоскопе оказывается значительно раньше по сравнению с гелиостационарным спутником АСЕ.

В работе приводятся примеры регистрации КВМ и МО на фазе роста 24-солнечного цикла с помощью широкоапертурной наземной установки УРАГАН НИЯУ МИФИ.

Работа выполнена в Научно-образовательном центре НЕВОД НИЯУ МИФИ в рамках ведущей научной школы (НШ-6817.2012.2) при поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» и гранта РФФИ (10-02-01460 а).

- [1] Астапов И.И. и др. // Изучение высокоэнергичных динамических процессов на Солнце и во внутренней гелиосфере методом мюонной диагностики, Труды всероссийской ежегодной конференции по физике Солнца, С-Пб., РАН ГАО, 2011, с. 356-362

Влияние топологии активных областей на излучение короны в солнечном цикле

Бадалян О.Г., Лившиц М.А.

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

В работе рассматривается развитие квазистационарных источников излучения в солнечной короне. Ранее было показано, что наибольшая корреляция между яркостью зеленой корональной линии и напряженностью магнитного поля на расстоянии $1.1R_{\odot}$ достигается в начале ветви роста цикла активности [1]. Изображения короны в различных EUV-диапазонах показывает, что в начале цикла основное излучение Солнца как звезды связано с отдельными “элементарными” конденсациями. Затем топология магнитного поля активных областей усложняется, отдельные центры активности начинают взаимодействовать между собой, образуя комплексы активности. Излучение при доминирующей в короне температуре около 2 МК определяется ими на этой фазе цикла. В зоне пятнообразования яркость зеленой линии в основном определяется напряженностью полей с размерами, соответствующими комплексам активности [2]. В максимум активности и после него возрастает роль нестационарных процессов, и вклад в излучение связан не столько с усложнением топологии активных областей, сколько с формированием более высокотемпературных областей, долго существующих после вспышек.

- [1] Badalyan O.G., Bludova N.G., Sýkora J. // Contrib. Astron. Obs. Skalnat’e Pleso, 2007, v. 37, p. 125.
- [2] Бадалян О.Г. // Астрон. журн., 2012 (в печати).

Пространственные «структуры» N-S асимметрии в линии 530.3 и в магнитных полях

Бадалян О.Г.

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

Исследуется поверхностное распределение северо-южной асимметрии $A = (N - S)/(N + S)$ (где N и S — значения индекса солнечной активности

в северном и южном полушариях, соответственно) за 1977-2001 гг. Построены карты распределения A для яркости зеленой линии FeXIV 530.3 нм и корональных магнитных полей больших и малых масштабов. Напряженности магнитных полей различных пространственных масштабов рассчитаны в потенциальном приближении по фотосферным наблюдениям WSO для расстояния $1.1R_{\odot}$. Изучение поведения индекса A в напряженности магнитного поля подтверждает и дополняет ранее полученные выводы о поведении этого индекса в зеленой корональной линии [1].

Сопоставление поверхностного распределения и временных изменений индекса A в зеленой линии, в общем корональном магнитном поле и в полях малых и больших масштабов позволило сделать ряд заключений. В низких широтах распределение A для полей малых масштабов имеет наибольшее сходство с его распределением в яркости линии 530.3 нм. На широтах выше 40° наблюдается антикорреляция между поведением A в зеленой линии и в магнитном поле. Этот эффект особенно демонстрируют поля больших масштабов.

В [1] было показано, что широтно-долготные области с преобладанием яркости зеленой линии в одном из полушарий через 14-18 оборотов сменяются похожими по форме областями с преобладанием другого полушария, т.е. карта как бы изменяется на «негативную». В данной работе этот вывод подтверждается рассмотрением поведения индекса A в напряженности магнитного поля. Изменение карты на негативную наиболее выражено для полей больших масштабов.

Северо-южная асимметрия является свидетельством и мерой того, что существуют определенные различия (рассинхронизация) в работе двух полушарий Солнца. Этот факт необходимо учитывать при построении современных теорий динамо.

[1] Бадалян О.Г. // Письма в Астрон. журн., 2012, т. 38, с. 54.

Связь яркости линии 530.3 нм с магнитными полями разных масштабов и площадями пятен

Бадалян О.Г., Блудова Н.Г.

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

Обсуждаются результаты количественного сопоставления яркости зеленой корональной линии 530.5 нм Fe XIV с напряженностью магнитных

полей малых и больших масштабов и с суммарными площадями солнечных пятен за 1977-2001 гг. Степень схожести соответствующих синоптических карт оценивается с помощью корреляционного анализа. Карты яркости зеленой линии построены по данным ее ежедневного мониторинга. Напряженности магнитных полей рассчитаны в потенциальном приближении по фотосферным наблюдениям WSO для расстояния $1.1R_{\odot}$. Расчеты выполнены отдельно для полей больших и малых пространственных масштабов. Суммарные площади пятен получены по данным Гринвичского каталога и его продолжения NOAA-USEF. Корреляция вычислялась для совокупности пространственно совпадающих на всех картах областей размером 20° по широте и 30° по долготе [1, 2].

Получено, что в низкоширотной зоне $0^{\circ} - 20^{\circ}$ наблюдается наибольшая корреляция между яркостью зеленой линии и корональными полями малых масштабов; корреляция с суммарными площадями солнечных пятен (т.е. с локальными полями) здесь существенно меньше. В зоне $20^{\circ} - 40^{\circ}$ корреляция яркости зеленой линии с площадями пятен и с корональными полями малых масштабов уменьшается. Крупномасштабные поля в зоне пятнообразования мало влияют на свечение зеленой линии.

Результаты работы свидетельствуют о сложной природе воздействия на процессы нагрева солнечной короны и свечения зеленой корональной линии полей различных масштабов, возникающих в результате работы динамо в подповерхностных (лептоклина) и глубинных (тахоклина) слоях конвективной зоны.

- [1] Badalyan O.G., Bludova N.G., Sýkora J. // Contrib. Obs. Skalnaté Pleso, 2007, v. 37, p. 125.
- [2] Бадалян О.Г. // Астрон. ж., 2012 (в печати)

Учет солнечной активности в регрессионной модели прироста хвойных Восточной Сибири

Балыбина А.С.¹, Караханян А.А.²

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт географии им. В.Б. Сочавы Сибирского отделения РАН,
г. Иркутск, e-mail: balybina@irigs.irk.ru

² Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения РАН, г.
Иркутск, e-mail: asha@iszf.irk.ru

Дендрохронологический метод успешно применяется в исследованиях солнечно-земных связей. Для достоверного прогноза изменений в лесных экосистемах при ожидаемых климатических изменениях необходимо знание количественных зависимостей прироста древесных растений от внешних факторов. При помощи метода простой линейной регрессии построена регрессионная модель реконструкции радиального прироста хвойных Восточной Сибири. Показано, что реконструированные данные, полученные на основе характеристик солнечной активности, хорошо аппроксимируют фактические значения годового прироста хвойных пород деревьев в регионе. Амплитуда годичных колебаний прироста хвойных сильнее в районах, где лимитирующим является термический фактор, определяющий оптимальные для жизни деревьев условия.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект №12-04-98013).

Несовпадение экстремумов профилей Стокса круговой и линейной поляризации и положений компонент расщепления магнитоактивных линий

Баранов А.В.

Уссурийская Астрофизическая обсерватория ДВО РАН. Уссурийск,
Россия, e-mail: baranov@utl.ru

Их формул Унно получено [1, 2], что линии имеют экстремумы r_V -профилей, смещенные от центров линий относительно компонент расщепления на величину u , которую можно найти из формулы (обозначения общепринятые [3]):

$$u * \exp(-u^2) \approx (1 + \eta_0)^2 * 2 * v_H * \exp[-(2 * v_H)^2], \quad (1)$$

экстремумы r_Q -профилей смещены относительно компонент расщепления на величину u ,

$$u * \exp(-u^2) \approx (1 + \eta_0/2)^2 * 2 * v_H * \exp(-v_H^2). \quad (2)$$

Обращает на себя внимание выраженная зависимость величин u от η_0 . Важно знать, в какой мере формулы Унно отражают картину для реальной солнечной атмосферы и реально меняющихся параметров H и линий. Изучались:

- Связь положения экстремумов r_Q - и r_V -профилей и H для линии Fe I λ 630.25 nm.
- Связь между скоростью микротурбулентности и экстремумами r_Q - и r_V -профилей линии.
- Сравнивались расстояния от центров линий экстремумов r_Q - и r_V -профилей и H по 14 магнитоактивным линиям и трем моделям пятна: Книра, Стельмахера-Вира и Цваана [3].
- Связь расстояния от центров σ -компонентов экстремумов r_Q - и r_V -профилей.

Для 12 спектральных линий железа, одной линии ванадия и одной — хрома выполнены решения уравнений переноса излучения. Использована модель пятна Книра. Расчет велся для H от 2400 до 2800 Э, углы наклона силовых линий брались от 45° до 75° .

Нет однозначных зависимостей u от параметров линий и H . Основные причины.

1. Недоучет особенностей расщепления магнитоактивных линий.
2. При аппроксимации функции Фойгта использовано выражение, обеспечивающее точность расчета только $\approx 1\%$.
3. Для большинства спектральных линий условие $v_H \gg u$ не выполняется.

Работа выполнена при поддержке грантов ДВО РАН 12-I-0-02-038, 12-II-0-02-006.

- [1] Баранов А.В., Григорьев В.М. // Солнечная активность и её влияние на землю. Владивосток: Дальнаука, 2006. С.5-12. (Тр. УАФО. т. 9. вып. 9).
- [2] Баранов А.В. // Труды XV Пулковской всероссийской ежегодной конференции по физике Солнца., С-Пб. 3-7.10.2011 г. С. 105-108.
- [3] Обридко В.Н. Солнечные пятна и комплексы активности. М: Наука. 1985. С. 256.

**Аномальное расщепление линий V I $\lambda\lambda$ 6058.1
и 6111.6 ÅÅ в спектре тени крупного солнечного пятна**

Баранов А.В., Можаровский С.Г.

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

На спектрограммах пятна отмечено две линии ванадия, которые показывают отличия видимого расщепления от теоретического. Это V I $\lambda\lambda$ 6058.13 и 6111.64 ÅÅ с общим нижним уровнем $3d4.(5D).4s\ a4D_{1/2}$ (энергия уровня 8413.00 см^{-1}) и верхними уровнями $(5D)4p\ z4P_{3/2}$ и $z4P_{1/2}$. Линия V I λ 6111 Å имеет четыре компонента расщепления вместо двух, а линия V I λ 6058 Å - пять вместо четырех. Величина расщепления оценивалась сравнением её с расщеплением линии Ti I λ 6064.6 Å (фактор Ланде $g = 2.0$). Если посчитать профили этих линий, добившись максимального соответствия линии Ti I λ 6064 Å ($H = 3100\text{Э}$, $\gamma = 15^\circ$), то получается несовпадение теоретического и наблюдаемого расщеплений.

Расщепление профилей интенсивности линий ванадия на 4 и 5 компонент можно объяснить, если предположить, что Ланде фактор нижнего уровня G_{low} этих линий равен не нулю, а $-4/3$. Расчет дает соответствие наблюдаемых и расчетных профилей, но только если $\gamma = 60^\circ$ вместо 15° . Различие в 45° говорит о том, что предположение $G_{low} = -4/3$ дает структуру расщепления, в которой каким-то образом перепутано положение π - и σ -компонент.

Чтобы выяснить закономерности, при которых возникает аномалия расщепления, использован атлас спектра тени Харви [1]. Рассмотрены другие линии, которые имеют тот же самый или аналогичный по конфигурации нижний уровень перехода. В линиях другого элемента — Mn I $\lambda\lambda$ 4257.66 и 4284.09 ÅÅ аномалий расщепления не наблюдается. Также не наблюдается аномалий у линии V I λ 8144.56 Å с верхним уровнем $(4F)sp\ z4D_{3/2}$. Зато у линий с тем же нижним уровнем и верхними уровнями $(5D)4p\ y4D_{3/2}$ и $D_{1/2}$ V I $\lambda\lambda$ 5604.93 и 5626.02 ÅÅ аномалии наблюдаются. Причем линия V I λ 5626.02 Å теоретически является нерасщепленной, а на практике расщепление явно наблюдается, и при этом линия не показывает признаков круговой поляризации.

Анализ лабораторных факторов Ланде G уровней показывает, что у линий V I $\lambda\lambda$ 6058 и 6111 ÅÅ нет таких отклонений от рассел-саундерсовской связи, которые бы вызвали аномалию расщепления.

Сделана попытка объяснить видимое расщепление линий влиянием аномальной дисперсии [2]. Но она не приводит желаемому результату.

Еще одна возможность объяснить ситуацию — кроссовер-эффект. Однако в случае кроссовер-эффекта искажения наблюдаемых профилей Стокса должны возрастать с уменьшением фактора Ланде g , а этого не

замечено. Чтобы уточнить этот вопрос необходимо провести сравнение профилей Стокса линий одного элемента, имеющих явно разные факторы Ланде g

Работа выполнена при поддержке грантов ДВО РАН 12-I-0-02-038, 12-II-0-02-006 и 12-III-A-02-011.

- [1] <ftp://vso.nso.edu/pub/polatlas/> (A photographic spectral atlas of a sunspot between 3813 and 9182 angstroms by J. W. Harvey)
- [2] Баранов А.В., Можаровский С.Г. // Изв. КраО. 2010, Т. 106, № 1, С. 235-238.

Роль межпланетного магнитного поля в реализации солнечно-земных связей

***Барановский Э.А.¹, Брунс А.В.¹, Таращук В.П.¹,
Владимирский Б.М.²***

¹ *НИИ КраО*

² *Таврический Университет им. В.И. Вернадского*

Обнаружено, что показатели колбы Фицроя (штормгласса) противоположным образом изменяются близ границы сектора межпланетного магнитного поля разного типа: при смене знака «-,+» индекс растет, достигая максимума за двое-трое суток до прохождения границы; обратная ситуация наблюдается при смене знака «+,-». В соответствии с ранее полученными результатами (Барановский и др., 2010), эффект можно понять как следствие влияния межпланетного поля на вероятность образования и траекторию перемещения средиземноморских циклонов. Найдено, что упомянутый индекс в годовом ходе близко следует модулю межпланетного поля (минимум 23-го цикла). Это указывает, возможно, на контроль со стороны поля параметров эмиссии магнитосферы. Аналогичные закономерности найдены для параметров токов микросхем на установке «Экзакт» (Брунс и др., 2010). Общий вывод состоит в том, что межпланетное магнитное поле в реализации солнечно-земных связей играет более важную роль, чем это обычно предполагается.

**Синхронные эффекты космической погоды в простых
физико-химических системах — нетривиальный
годовой ход**

*Барановский Э.А.¹, Брунс А.В.¹, Владимирский Б.М.²,
Таращук В.П.¹, Ханейчук В.И.¹*

¹НИИ КраО

²Таврический Университет им. В.И. Вернадского

При сопоставлении вариаций в поведении простых физико-химических систем на протяжении года — крутильный маятник, токи р-п перехода в стандартной микросхеме, кристаллообразование в колбе Фицроя — найдено, что они происходят синхронно и для минимума 23-го цикла устойчиво воспроизводятся год от года в некоторых деталях. В частности, постоянно повторяется относительно глубокий минимум близ дня летнего солнцестояния. Эта особенность не может быть обусловлена изменениями температуры. Упомянутый минимум почти не изменяется в колбе Фицроя при вариациях солнечной активности совпадая с минимумом индекса геомагнитной возмущенности Ap. Найдено также, что годовой ход в перечисленных системах обнаруживает сходство с вариациями модуля межпланетного магнитного поля и общего магнитного поля Солнца как звезды. Из просмотра соответствующей литературы следует, что описанный экстремум наблюдается во многих других тест-реакциях, в частности таких как артефакты при регистрации скорости радиоактивного распада и частоте следования событий в установке для поиска частиц «темной материи» (эксперимент DAMA), в вероятности возникновения аварийных ситуаций при ракетно-космических запусках. Вероятно, действующим агентом, ответственным за описанный феномен, являются низкочастотные электромагнитные поля. Однако, определить однозначно конкретное магнитосферное-ионосферное явление пока не удастся.

Радиационное затухание акустических колебаний в корональных петлях

Бембитов Д.Б.¹, Веселовский И.С.^{2,3}, Михалев Б.Б.¹

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

²НИИ ядерной физики им. Д.В. Скобельцына МГУ

³Институт космических исследований РАН, Москва

Наблюдения в ультрафиолетовом диапазоне при помощи орбитального аппарата TRACE показывают наличие акустических колебаний, распространяющихся вдоль корональных петель [1]. Аналогичные наблюдения проводятся при помощи аппарата SDO. Эти колебания быстро затухают, что вызывает интерес в связи с их возможной причастностью к нагреву короны. Наиболее вероятной причиной быстрого затухания принято считать эффект теплопроводности [1] или совокупный эффект теплопроводности и вязкости [2]. Вместе с тем существуют наблюдательные данные о доминирующей роли радиационного излучения на охлаждение корональных петель, видимых в ультрафиолетовом диапазоне [3]. Расчет радиационного затухания магнитозвуковых волн в короне в различных интервалах температур показал, что излучение действительно может оказывать значительное влияние на поведение волн в этом интервале [4].

Нами была рассмотрена задача о колебаниях корональной магнитной трубки в рамках радиационной МГД. Получено дисперсионное уравнение для магнитозвуковых мод трубки, затухающих вследствие излучения. Предварительные результаты показывают, что излучение оказывает очень сильное влияние на поведение медленных магнитозвуковых мод. Мы полагаем, что излучение причастно к быстрому затуханию продольных колебаний корональных петель, наряду с теплопроводностью и вязкостью.

- [1] De Moortel I. // Space Sci. Rev., 2009, v. 149, p. 65.
- [2] Abedini A., Safari H., Nasiri S. // Solar Phys., 2012, v. 280, p. 137.
- [3] Aschwanden M. J., Terradas J. // Astrophys. J., 2008, v. 686, p. L127.
- [4] Михалев Б. Б., Веселовский И. С., Хонгорова О. В. // Астрон. вестник, 2012, т. 46, № 6 (в печати).

Полярное магнитное поле Солнца

Беневоленская Е.Е.

*Главная (Пулковская) Астрономическая Обсерватория РАН,
Санкт-Петербург, e-mail: benevolenskaya@mail.ru*

Полярное магнитное поле Солнца привлекает внимание исследователей с момента открытия смены знака полярных магнитных полей в середине прошлого столетия [1]. Регулярное изменение полярного магнитного поля связано с транспортом магнитного потока из зоны пятнообразования благодаря дифференциальному вращению, меридиональной циркуляции и турбулентной диффузии. Однако, моделирование этих процессов, приводит к неоднозначным выводам, что, иногда, ставит под сомнение реальность самой транспортной модели. Так, по последним данным HINODE, наличие запаздывания в уменьшении полярного магнитного потока в южном полушарии по отношению к северному (период с 2008 года по июнь 2012), относят к трудноразрешимым проблемам стандартной транспортной модели [2]. С другой стороны, Свальгард и Камиде [3] считают, что наличие асимметрии в смене знака есть просто результат асимметрии во всплывающем потоке в области пятнообразования.

В докладе представлены результаты детального исследования эволюции полярного магнитного потока по данным Solar Dynamics Observatory (SDO) за период с мая 2010 по сентябрь 2012 года. Для данного исследования были использованы магнитные данные Helioseismic и Magnetic Imager (HMI) в виде компоненты магнитного поля по-лучу-зрения (временное разрешение 720 секунд). Сопоставлены магнитные потоки в области пятнообразования и в высоких широтах. Обсуждается транспорт магнитного потока и его роль в текущем цикле солнечной активности.

- [1] Babcock H.W., Livingston W.C., Changes in Sun's polar magnetic field // Science, 1958, v. 127, p. 1058
- [2] Shiota D., Tsuneta S., Shimojo M., Sako N., Orozco Suarez D., Ishikawa R. // ApJ, 2012, v. 753, p. 157
- [3] Svalgaard L., Kamide Y., Asymmetric Solar Polar Field Reversals // Astroph, 9 July 2012

Эволюция активной области NOAA 11101 по данным SDO/HMI

Беневоленская Е.Е., Кузнецова М.А.

*Главная (Пулковская) Астрономическая Обсерватория РАН,
Санкт-Петербург, e-mail: benevolenskaya@mail.ru*

В докладе представлены результаты анализа эволюции активной области NOAA 11101 с 26 августа по 4 сентября 2010 года (10 дней). На момент 26 августа 2012, 00:00:00 UT активная область располагалась на восточном лимбе Солнца с координатами $N12^{\circ}E61^{\circ}$, а кэррингтоновская долгота составляла 82° .

Для данного исследования мы использовали магнитные данные в виде компоненты магнитного поля по лучу зрения ($B_{\parallel}$) и изображения Солнца в континууме ($\lambda = 6173.0\text{\AA}$) с временным интервалом 720 секунд. Данные представляют собой изображения Солнца в виде fits формата размером 4096 на 4096 значений. Каждое изображение автоматически преобразовывалось в кэррингтоновскую систему координат. И, как результат, были получены фрагменты синоптических карт, с изображением активной области, размером 20 градусов по долготе (разрешение 0.1 градуса) и 0.2 по синусу широты (разрешение 0.001) относительно центра активной области.

Нами получены следующие характеристики данной области для тени и полутени, соответственно: размеры, координаты центра масс, среднее магнитное (по лучу зрения и радиальное) поле, общий магнитный поток, чистый магнитный поток, положительный и отрицательный магнитные потоки. На краю западного лимба наблюдался эффект изменения полярности тени (Эффект Джека Харви, Jack Harvey).

Вейвлет анализ эволюции радиального магнитного поля выявил следующие закономерности в области тени и полутени данной активной области. В области тени (сильного магнитного поля) наблюдались осцилляции магнитного поля с периодом порядка 20 часов, наиболее ярко выраженные ближе к солнечному лимбу. Также, в области тени, присутствует, менее выраженная, но регулярная субгармоника около 10 часов. В области полутени картина резко меняется. Здесь наблюдается цуг колебаний порядка 40 часов, который постепенно затухает к концу нашей выборки (4 сентября 2010 года).

Длиннопериодные вариации космических лучей и Dst индекса в связи с крупномасштабными изменениями параметров гелиосферы в 19-23 солнечных циклах

Бикташ Л.З.

*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн РАН им. Н.В. Пушкова, 142190, Москва, Троицк,
e-mail: lsizova@izmiran.ru*

В работе проведено исследование влияния крупномасштабных появлений солнечной активности на динамику космических лучей и геомагнитные вариации в 19-23 солнечных циклах. Показано, что полный гелиосферный магнитный поток играет определяющую роль в модуляции КЛ. Самый высокий коэффициент корреляции 0.9 между В ММП и КЛ в 22 и 23 циклах СА показали наблюдения на станции Халикала. Обнаружена тесная взаимосвязь длиннопериодных Dst вариаций с В ММП, что позволяет использовать Dst для анализа динамики КЛ. Результаты корреляции получены без введения времени запаздывания между процессами. Фазы спада рассмотренных солнечных циклов характеризовались долгоживущими высокоскоростными потоками солнечного ветра, которые оказывали основное влияние на развитие Dst-вариаций. Одновременно наблюдались долговременные понижения от 1 до 2 лет скорости счета космических лучей.

Скорость поступления энергии в кольцевой ток в зависимости крупномасштабных структур солнечного ветра

Бикташ Л.З.

*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн РАН им. Н.В. Пушкова, 142190, Москва, Троицк,
e-mail: lsizova@izmiran.ru*

Современные космические обсерватории SOHO, Yohkoh и другие космические аппараты дают возможность непосредственно наблюдать за процессами, происходящими на Солнце и заблаговременно до прихода от Солнца потоков возмущенного солнечного ветра к магнитосфере Земли прогнозировать геомагнитные и ионосферные возмущения. Измерения параметров солнечного ветра на спутниках и современные методы прогноза дают непосредственные количественные характеристики геомагнитных возмущений. Примером успешного прогнозирования является Dst индекс, который представляет, в основном, меру интенсивности магнитосферного

кольцевого тока и токов магнитопаузы. Доступность и прогнозируемость Dst индекса сделало его наиболее используемым и удобным инструментом при исследовании разнообразных солнечно-земных связей, включая и влияние геомагнитных бурь на климат и организм человека. В настоящее время наиболее распространенной методикой моделирования поля кольцевого тока является модель, позволяющая вычислить значения Dst индекса, исходя из знания условий в межпланетной среде и физических процессов в кольцевом токе. Ключевыми элементами этой модели являются: скорость поступления энергии в кольцевую, определенная как функция электрического поля солнечного ветра E_u , характерное время распада кольцевого тока в главную и восстановительную фазы бури, токи магнитопаузы возмущенного и спокойного дня. Межпланетные и солнечные данные последних десятилетий, достигнутые в исследовании Солнца и крупномасштабной структуры гелиосферы, позволяют уточнить методы прогноза геомагнитных возмущений. С целью такого уточнения, в данной работе проведены исследования скорости поступления энергии солнечного ветра в кольцевой ток для геомагнитных бурь разной природы, обусловленных высокоскоростными рекуррентными потоками солнечного ветра (CIR) от корональных дыр и корональными выбросами массы (CME).

Влияние космических факторов на приземную температуру атмосферы

Богданов М.Б., Катрущенко А.В.

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

Изучение проблемы влияния космических факторов на процессы, протекающие в глубинах нашей планеты, ее атмосфере и гидросфере представляет большой интерес для разных наук о Земле. В число этих факторов входят особенности движения Земли в Солнечной системе и ее вращения вокруг собственной оси, движение полюса, приливные воздействия Луны и Солнца, а также разнообразные проявления солнечной активности.

Приведены результаты цифрового спектрального анализа многолетних рядов среднесуточных значений температуры, зарегистрированных метеостанциями 34172 Саратов (Россия) за 55 лет, 06770 Лугано (Швейцария) за 104 года и 06260 Дебилт (Нидерланды) за 110 лет. Предварительно из каждого ряда исключался линейный тренд и две сезонные гармоники температуры, параметры которых были найдены методом наименьших

квадратов. В спектрах мощности всех трех рядов обнаружены лунная гармоника L_0 ($29^d.53$), месячная M_m ($27^d.55$) и полумесячная M_f ($13^d.66$) приливные гармоники, а также гармоники T_{S1} ($27^d.03$) и T_{S2} ($28^d.30$), связанные с солнечной активностью и проявляющиеся в изменениях межпланетного магнитного поля. Реальность данных гармоник подтверждается как сравнением высот соответствующих пиков в спектрах мощности с длиной 90% доверительных интервалов, так и совпадением в пределах оцененных погрешностей их частот с точными значениями.

Присутствие во всех трех рядах приземной температуры атмосферы гармоники синодического месяца L_0 , связанной с изменением инсоляции при вращении системы Земля–Луна вокруг общего центра масс, свидетельствует о том, что климатическая система Земли не сглаживает подобные, достаточно быстрые, изменения внешнего радиационного воздействия и способна на них реагировать. Для линейной системы первого порядка это означает, что ее постоянная времени или характерное время отклика на изменение приходящего потока излучения не может заметно превышать продолжительность синодического месяца.

Использование наблюдаемых изменений солнечной постоянной для оценки характеристик земной климатической системы

Богданов М.Б., Катрущенко А.В.

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

Мы рассматриваем земную климатическую систему (ЗКС) как инвариантную во времени линейную систему, входом которой является изменение солнечной постоянной (среднемесячные значения композитного ряда PMOD TSI с января 1976 г. по май 2009 г.), а выходом — аномалии глобально усредненных среднемесячных значений приповерхностной температуры (ряд ERSSTv3b(суша + океан) с вычтенным линейным трендом и сезонными гармониками). Предполагается, что суммарное воздействие всех других факторов, влияющих на глобальную температуру, имеет характер случайного шума.

Импульсная передаточная характеристика ЗКС $h(t)$ была найдена из решения некорректно поставленной обратной задачи для интегрального уравнения свертки, проведенного на компактном множестве неотрицательных, монотонно невозрастающих, выпуклых вниз функций. Это предполагает, что ЗКС может быть линейной системой первого порядка или

совокупностью подобных независимых подсистем с разными постоянными времени. Результаты восстановления $h(t)$ на интервалах времени длиной до 100 мес. показали, что она представляет собой быстро убывающую функцию, практически не отличающуюся от нуля для $t > 3$ мес. Величина эквивалентной постоянной времени равна 1.04 ± 0.17 мес., а чувствительность ЗКС к изменению внешнего радиационного воздействия на верхней границе атмосферы составляет 0.41 ± 0.05 К Вт $^{-1}$ м 2 .

В предположении, что другие факторы, влияющие на глобальную температуру, не зависят от зондирующего сигнала, частотная характеристика ЗКС может быть найдена независимо как отношение взаимного спектра мощности рядов на входе и выходе к спектру мощности ряда на входе системы. Полученная амплитудно-частотная характеристика ЗКС оказалась достаточно ровной и отличной от нуля вплоть до частоты Найквиста 0.5 мес $^{-1}$. Этот результат подтверждает высокую скорость реакции ЗКС на изменение внешнего радиационного воздействия и согласуется с полученной оценкой $h(t)$.

О свойствах микроволновых источников над нейтральной линией радиального магнитного поля

Богод В.М.¹, Кальтман Т.И.¹, Яснов Л.В.²

¹ Специальная астрофизическая обсерватория, Филиал в
Санкт-Петербурге, e-mail: vbog@sao.ru

² Санкт-Петербургский государственный
университет, Санкт-Петербург, e-mail: leonid.yasnov@mail.ru

На примерах исследования спектральных характеристик излучения нескольких активных областей в широком диапазоне длин волн с высоким пространственным разрешением показано, что радиоисточники над линией раздела магнитных полярностей возникают в широком диапазоне их размеров и потоков излучения. Показано, что в зависимости от расстояния между разнополярными магнитными полями, яркость этих радиоисточников может меняться от $T = 10^5$ К до $T = 10^7$ К, с показателем спектра от 4 до 0.7. При этом, их размеры могут варьироваться от десятков угловых секунд до нескольких угловых минут, покрывая всю активную область в дециметровом диапазоне и превращаясь в так называемое Гало. Дана интерпретация радиоизлучения источников над линией раздела магнитных полярностей. Она состоит в учете расположения этих источников в верхней части корональной арки (или аркады), высокой стабильности существования и близости их спектров спектрам соседних циклотронных

источников. Предложенная интерпретация описывается в рамках циклотронного механизма генерации радиоволн и согласуется со слабой поляризацией источников NLS, в том числе и Гало. Проведенный модельный расчет спектров излучения источников, находящихся в вершине корональной арке, то есть в условиях квазипоперечного распространения, показывает спектральные характеристики излучения качественно соответствующие излучению NLS-гало.

**Вейвлет-анализ рядов наблюдений чисел Вольфа
и $F_{10,7}$. Зависимость параметров циклической
активности от времени, прошедшего
с момента начала цикла**

***Борисов А.А.¹, Бруевич Е.А.², Розгачева И.К.³,
Якунина Г.В.²***

¹Российский университет дружбы народов имени Патриса
Лумумбы, Москва, e-mail: borisov.andrey03@gmail.com

²Государственный Астрономический институт им. П.К.
Штернберга МГУ, e-mail: yakunina.sai.msu.ru

³Всесоюзный институт научной и технической информации РАН,
Москва, e-mail: rozgacheva@yandex.ru

Мы применили метод непрерывного вейвлет-преобразования для качественного частотно-временного анализа (по смыслу соответствующего преобразованию Фурье с заменой гармонического базиса $\exp(-j\omega t)$ на вейвлетный $\psi((t-b)/a)$) к временным рядами наблюдений чисел Вольфа и потока радиоизлучения на волне 10,7 см. Вейвлет-анализ этих данных выявляет следующую закономерность: период и фаза относительно низкочастотных колебаний солнечного потока, предшествующих данному моменту времени, определяют параметры и фазу более высокочастотных колебаний солнечного потока, постепенно изменяющих свою величину во времени. Такая картина наблюдается в каждом цикле активности.

**Изофотометрия внепятенной вспышки
16 марта 1981 года**

Боровик А.В., Мячин Д.Ю.

*Институт Солнечно-Земной физики, Иркутск,
e-mail: borovik@iszf.irk.ru*

В работе представлены результаты исследования динамики изменений площади изофот лент и узлов внепятенной вспышки 16 марта 1981 г. по наблюдениям в линии H-альфа в Байкальской астрофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН.

Обнаружена фаза сжатия и расширения площади изофот вспышечных элементов на уровне 1/2 максимума интенсивности вспышки. Проведен подробный анализ параметров пульсаций со временем.

В активной флэш-фазе вспышки параметры сжатия и расширения изофот для каждого из элементов вспышки имели свои отличительные особенности. В период затухания наблюдалась тенденция к сближению параметров. Расчет спектра мощности методом КППА за этот период показал присутствие в элементах вспышки колебаний близких к пятиминутным.

Причиной пульсаций площади вспышки в хромосфере может быть последовательная передача возбуждения от коронального источника вспышки на другие области, процесс пересоединения магнитных силовых линий с высотой. Возможны и другие механизмы.

**Активность атмосфер Солнца и звезд солнечного типа
как следствие циклических вариаций
глобального магнитного поля**

Бруевич Е.А.¹, Розгачева И.К.², Якунина Г.В.¹

¹ *Государственный Астрономический институт им. П.К.
Штернберга МГУ, e-mail: yakunina@sai.msu.ru*

² *Всесоюзный институт научной и технической информации РАН
(ВИНИТИ РАН), e-mail: rozgacheva@yandex.ru*

Различные проявления солнечной активности рассматриваются как следствие циклических изменений глобального магнитного поля Солнца. В результате анализа магнитной активности звезд солнечного типа обнаружены следующие степенные зависимости: между периодом вращения звезд и их эффективной температурой $P_{rot} \sim T_{eff}^{-3.9}$, между одиннадцатилетним циклом активности и эффективной температурой $T_{11} \sim T_{eff}^{-1.1}$ и

между квазидвухлетним циклом активности и эффективной температурой $T_2 \sim T_{eff}^{-0.79}$.

Показано, что физическая природа этих зависимостей связана с наблюдаемыми свойствами звезд солнечного типа и существованием внутренних волн Россби вблизи основания конвективных оболочек этих звезд.

Циклическая активность Солнца по наблюдениям различных индексов солнечной активности на разных временных шкалах

Бруевич Е.А., Якунина Г.В.

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

Для частотно-временного анализа наблюдений индексов солнечной активности мы применили метод непрерывного вейвлет-преобразования к временным рядам наблюдений чисел Вольфа, потока радиоизлучения на волне 10,7 см, хромосферного индекса Mg II 2800 нм, потоков в корональной линии 530 нм и полного потока TSI. Длительность основного цикла переменности потоков излучения Солнца в различных спектральных диапазонах совпадает с длительностью одиннадцатилетнего цикла пятнообразовательной деятельности Солнца. Наряду с этим максимальным по амплитуде основным циклом активности вейвлет-анализ дает возможность выявить целый набор циклов активности с различными периодами (и значительно меньшими по амплитуде). Для индексов активности, наблюдаемых на различных уровнях солнечной атмосферы частотно-временные характеристики вейвлетных преобразований, в основном, достаточно сходны между собой, но при этом можно видеть и некоторые отличия, особенно во времена максимумов и минимумов основных одиннадцатилетних циклов.

**Спорадические проявления в солнечном ветре 24 цикла
— геомагнитные проявления, 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 пока подтверждает предположения о невысоком уровне чисел Вольфа в максимуме этого цикла в традиционной системе оценки одиннадцатилетней цикличности. Необычность текущего цикла предопределил исключительно затяжной период фазы минимума 23 цикла, длившийся практически 4 года. Это радикальное отличие от продолжительности минимумов 17-22 циклов говорит о необычности наступившего 24 цикла, который еще не проявился во всей полноте максимального развития. Нарастание солнечной активности в новом цикле прежде всего оценивают по росту 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 в 2010 году.

Спорадические проявления солнечной активности имеют отражение в геомагнитных возмущениях. Однако 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 работе рассмотрены все имевшиеся спорадические события, они классифицированы по уровню глобальных геомагнитных и авроральных проявлений. Мощных событий геомагнитной возмущенности пока не отмечено, максимальный уровень геомагнитной активности в бурях не превосходил G3. Проводя оценку имевшихся спорадических явлений, для конкретного тщательного 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 потоков коронально-дырового генезиса, а также четкой 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.

Магнитные потоки ведущих и ведомых пятен и N-S асимметрия фотосферного магнитного поля

Вернова Е.С.¹, Тясто М.И.¹, Баранов Д.Г.²

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

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

На основе синоптических карт фотосферного магнитного поля (Обсерватория Китт Пик, 1976–2003 гг.) рассмотрены потоки положительных и отрицательных полей для каждой из полусфер Солнца. При учете только сильных магнитных полей ($B > 100$ Гс) для приэкваториальных районов (гелиошироты от $+40^\circ$ до -40°) потоки, которые совпадают по знаку со знаками соответствующих ведущих (ведомых) пятен в каждом полушарии, можно интерпретировать как потоки ведущих (ведомых) пятен. Наблюдается тесная связь между магнитными потоками ведущих и ведомых пятен для одного полушария (коэффициент корреляции $R \sim 0.97$), в то время как связь между потоками разных полушарий значительно слабее ($R \sim 0.55$).

Дисбаланс потоков, относящихся к ведущим пятнам обоих полушарий, изменяется в ходе солнечного цикла, подчиняясь определенной закономерности. Для фазы подъема солнечной активности всегда доминируют потоки северного полушария, для фазы спада — потоки южного полушария. Аналогично изменяется дисбаланс потоков ведомых пятен: доминирование потока ведущих пятен в данной полусфере сопровождается доминированием потока ведомых пятен для этой же полусферы. Таким образом, N-S асимметрия магнитных потоков складывается из доминирования как ведущих, так и ведомых пятен одной из полусфер Солнца. Знак N-S асимметрии магнитных потоков определяется четвертью 22-летнего магнитного цикла, в течение которой магнитная конфигурация локальных и глобальных полей остается неизменной (от минимума до инверсии общего магнитного поля Солнца (ОМПС) и от инверсии до минимума).

Дисбаланс положительных и отрицательных потоков для всей приэкваториальной области ($\pm 40^\circ$ гелиошироты) изменяется так же, как и дисбаланс ведущих пятен. Знак дисбаланса не меняется в течение 11 лет от одной инверсии ОМПС до другой и всегда совпадает со знаком ОМПС в северном полушарии.

Исследование в трехмерном пространстве геометрических и кинематических характеристик корональных выбросов массы типа гало в зависимости от времени

Вишнева А.В.¹, Файнштейн В.Г.², Егоров Я.И.²

¹ ИГУ, 664003, г. Иркутск, ул. Карла Маркса, 1

² ИСЗФ СО РАН, 664033 г. Иркутск,
а/я-291, e-mail: vfain@iszf.irk.ru

С использованием «Ice-cream cone model» по данным SOHO/LASCO рассчитаны геометрические и кинематические параметры корональных выбросов массы типа гало (ГКВМ) в трехмерном пространстве в зависимости от времени для выбросов с различными скоростями. Установлено, что скорость большинства рассмотренных ГКВМ уменьшается со временем. В то же время существует группа самых медленных выбросов, скорость которых со временем увеличивается. Показано, что выбросы с линейной скоростью в плоскости неба $v_p < 1500$ км/с замедляются в среднем в 1.5 раза медленнее, чем ГКВМ со скоростью $v_p \geq 1500$ км/с. Для группы самых быстрых ГКВМ со скоростью $v_p \geq 1500$ км/с определены параметры в трехмерном пространстве, как тела выброса, так и связанной с ним ударной волны. Показано, что скорость ударной волны для всех

рассмотренных событий превышает скорость тела ГКВМ. В случаях, когда удалось определить параметры для более, чем трех моментов времени, установлено, что скорости ударной волны и тела ГКВМ уменьшаются со временем по разным законам. На больших расстояниях скорость ударной волны приближается к скорости тела ГКВМ. Установлено, что движение как быстрых ГКВМ, так и медленных выбросов не является строго радиальным в пространстве. Средний для рассмотренных выбросов угол между осью тела ГКВМ и осью Солнце-Земля увеличивается со временем на несколько градусов. Показано, что для 5 событий из 7 рассмотренных ГКВМ с ударной волной расстояние между телом ГКВМ и связанной ударной волной со временем уменьшается. В целом для всех рассмотренных событий имеется тенденция к уменьшению расстояния между телом ГКВМ и ударной волной с увеличением скорости выброса.

Как и почему космическая погода и солнечные затмения влияют на поведение крутильного маятника?

Владимирский Б.М.¹, Брунс А.В.²

¹ *Таврический Университет им. В.И. Вернадского*

² *НИИ КраО*

Из анализа литературы следует, что наблюдательные данные, указывающие на связь поведения крутильного маятника с вариациями космической погоды, накапливались с начала 19-го в. Они образуют непротиворечивую самосогласованную картину. Эффект обусловлен, видимо, влиянием амплитудно-спектральных изменений электромагнитного фона в полосе низких — экстремально-низких частот на упругие параметры скручивания нити подвеса из-за явления магнитопластичности (воздействия этих полей на динамику дислокаций немагнитных кристаллов). Изменения электромагнитного фона в полосе солнечных затмений по своим свойствам аналогичны таковым при вариациях космической погоды — обусловлены временным переходом ионосферы на ночной режим. В настоящее время затменные эффекты надежно обнаружены для водных растворов, крутильных маятников и неустойчивости высокоточных генераторов частоты. Важной проблемой остается разделение собственно затменных эффектов и воздействий космической погоды.

Идентификация и параметризация нейтральной линии на магнитограммах SDO

Волобуев Д.М.

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

Нейтральной линией, разделяющей противоположные магнитные полярности в активной области (АО) является одним из основных способов охарактеризовать АО, при этом ее параметры — длина и градиент-взвешенная длина, возможно, наиболее перспективные предикторы сильных (М и X-классов) солнечных вспышек и корональных выбросов массы. В данной работе мы совершенствуем предложенный нами ранее алгоритм, выделяя нейтральную линию на уровне отдельных пикселей, ограничиваем ее в пределах АО, параметризуем, и вычисляем локальный градиент. Особенности алгоритма и точность SDO позволяют вычислять градиент-взвешенную длину с учетом слабых магнитных полей. Апробация алгоритма на АО 11158 и АО 11166 показывает сильный рост градиент-взвешенной длины для обоих рентгеновских вспышек с заблаговременностью более 10 часов

Одиннадцатилетняя цикличность приземного потока тепла на антарктической станции Восток

Волобуев Д.М.

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

Станция Восток, расположенная в центре Антарктиды, отличается большой прозрачностью атмосферы и слабыми ветрами. Большая тепловая инерция (ледяной купол толщиной более 3.5 км) обеспечивает стабильность локальных климатических условий, что делает ее удобным модельным объектом для исследования возможных проявлений солнечной активности в земном климате. В данной работе мы решаем обратную задачу теплопроводности: восстановление потока тепла через границу однородного полупространства из измеренных значений температуры на границе $T(t)$. На основе метеонаблюдений 1959–2011 годов мы вычислили тепловую вариацию около 0.3 Вт/м² при переходе от максимума к минимуму 11-летнего цикла солнечной активности. С учетом высокого альбедо льда, эта вариация превосходит ожидаемую в 2–3 раза.

Взаимосвязь солнечной активности, уровня моря и скорости вращения Земли

***Воротков М.В.¹, Горшков В.Л.¹, Малкин З.М.¹,
Миллер Н.О.¹, Чапанов Я.²***

¹ ГАО РАН, Россия

² НИГГГ БАН, Болгария

В работе проводится совместное исследование 200-летних рядов скорости вращения Земли (длительности суток, LOD), среднего уровня моря (MSL) и солнечной активности (чисел Вольфа, CA) в низкочастотной области спектра с периодами от двух до ста лет. Основной задачей было изучение влияния CA на MSL и колебаний последнего на вариации LOD. Основными методами исследования послужили классический спектральный анализ для отдельных рядов и сингулярный спектральный анализ для их совместного анализа. Из рядов LOD для периода с 1950 по 2010 года предварительно были вычтены вариации, обусловленные влиянием изменений угловых моментов атмосферы и океана. Оказалось, что в вариациях LOD присутствуют низкочастотные компоненты, близкие к 11-летнему циклу CA, а также другие низкочастотные составляющие. Аналогичные периодические изменения были найдены и в рядах MSL. Результаты работы позволяют сделать вывод о возможном механизме влияния CA на скорость вращения Земли через влияние на MSL, изменения которого приводят к изменению моментов инерции Земли, а значит и скорости ее вращения. Что касается механизма влияния CA на MSL, наиболее вероятным его объяснением являются циклические изменения в водном обмене между сушей и океаном, обусловленные циклическими изменениями в потоке солнечного излучения (TSI). В этой связи в работе также были исследованы ряды измерений солнечной инсоляции и солнечной постоянной.

Восстановление секторной структуры межпланетного магнитного поля во второй половине 19 века

Вохмянин М.В., Понявин Д.И.

*Институт Физики, СПбГУ, С.-Петербург,
e-mail: vohmyaninmv@gmail.com*

Полярность межпланетного магнитного поля (ММП) может быть определена в доспутниковую эпоху благодаря эффекту Свальгаарда-Мансурова, в соответствии с которым противоположные направления ММП

ведут к противоположным вариациям геомагнитного поля на приполярных станциях. На основе этого эффекта мы предложили метод по восстановлению секторной структуры ММП в периоды, когда были доступны только наземные наблюдения геомагнитного поля. Результаты и подробное описание методики недавно были опубликованы [1]. На основе измерений поля восьми высокоширотных станций мы реконструировали секторную структуру до 1905 года. Качество метода (в сравнении со спутниковыми измерениями ММП с 1965 по 2005) варьируется между 78 и 90%, в зависимости от используемого набора станций.

В текущей работе мы представляем результаты применения методики к архивным данным Хельсинской обсерватории. Регулярные геомагнитные измерения склонения и горизонтальной компоненты поля проводились здесь с 1844 по 1897 года. В начале 20-го века обсерватория прекратила свою работу. Поэтому для изучения эффекта Свальгаарда-Мансурова, мы воспользовались данными станции Нурмиярви, расположенной в 40 км к северу от Хельсинки. Предполагаемая точность метода при использовании данных Хельсинки составляет около 82%. Таким образом, можно предположить, что для периода с 1844 по 1897 полученные результаты имеют удовлетворительное качество и несут определённую научную ценность. В частности на спаде активности 11 и 12 солнечных циклов доминирует двухсекторная структура.

- [1] Vokhmyanin, M. V., and D. I. Ponyavin (2012), Inferring interplanetary magnetic field polarities from geomagnetic variations, *J. Geophys. Res.*, 117, A06102, doi:10.1029/2011JA017060.

О возможном влиянии солнечных вспышек на содержание водяного пара в земной атмосфере

Галкин В.Д.¹, Беренс К.², Никанорова И.Н.¹

¹ ГАО РАН, Санкт-Петербург, e-mail: galkin_slava@mail.ru,
e-mail: nikanorova_ira@mail.ru

² Метеорологическая обсерватория MOL-RAO, Линденберг,
Германия, e-mail: Klaus.Behrens@dwd.de

Представлены некоторые результаты определения содержания водяного пара в земной атмосфере на основе материалов наблюдений Солнца, выполненных в Линденберге с прецизионным фильтровым радиометром.

Измерения с временным разрешением 1 мин и точностью 1% выполнены в спектральной области 380-1020 нм с 8 фильтрами, два из которых центрированы на полосы поглощения водяного пара (817 и 945 нм).

За период наблюдений 19.05.2007–07.06.2007 выявлено шесть случаев резкого уменьшения (на 5–7%) содержания водяного пара в атмосфере с последующим его восстановлением в течение 20-40 минут. События уменьшения содержания водяного пара происходили через 30-90 минут после регистрации солнечной вспышки. Такое число совпадений не представляется случайным, а является следствием реальных процессов конденсации водяного пара в атмосфере, стимулированных космическими лучами солнечных вспышек. Одновременно с изменениями содержания водяного пара наблюдается уменьшение аэрозольной оптической толщи во всех фильтрах на 10–15%. Если интерпретация верна и действительно наблюдается процесс конденсации водяного пара в атмосфере, то исследование подобных событий открывает широкие возможности для изучения механизма влияния солнечной активности на земную атмосферу, погоду и климат.

Long-term variations of solar magnetic fields from geomagnetic data

Georgieva K.¹, Kirov B.¹, Nagovitsyn Yu.A.²

¹*Space and Solar-Terrestrial Research Institute of Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria* ²*Central Astronomical Observatory at Pulkovo, St.Petersburg, Russia*

Recent studies of the magnetic fields in sunspots have come to controversial results. Penn and Livingston [1, 2] have found a long-term decrease in the maximum field strength in sunspots, but without sunspot cycle variations, while Pevtsov et al. [3] have demonstrated that sunspot field strengths rise and wane with solar cycle, but there is not a long-term trend that would suggest a gradual decrease in sunspot magnetic fields over the four and a half solar cycles covered by their observations. Here we compare sunspot magnetic fields measurements with geomagnetic data and suggest that the sunspot magnetic fields have both 11-yr solar cycle variations and a Gleissberg-type cyclicity.

- [1] Penn, M. J., & Livingston, W. 2006, ApJ, 649, L45
- [2] Penn, M. J., & Livingston, W. 2011, in IAU Symp. 273, The Physics of Sun and Star Spots, ed. D. Choudhary & K. Strassmeier (Cambridge: Cambridge Univ. Press), 126
- [3] Pevtsov, A.A., Nagovitsyn, Yu.A., Tlatov, A.G., and Rybak, A.L. 2011, ApJ, 742, L36

Спиральность течения при квазиупорядоченной ячейечной конвекции

Гетлинг А.В.

*Научно-исследовательский институт ядерной физики
имени Д.В. Скобельцына*

МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, e-mail: A.Getling@mail.ru

Возникновение α -эффекта, пределяющего собой генерацию крупномасштабных магнитных полей в турбулентной проводящей среде, связана с величиной средней спиральности поля скоростей $\langle \mathbf{v} \cdot \text{rot} \mathbf{v} \rangle$. Ожидаемая величина средней спиральности сильно зависит от предположений о свойствах турбулентности, а оценки коэффициента α для солнечной конвективной зоны весьма неопределенны и варьируют в пределах четырех порядков. С другой стороны, конвективные течения солнечной плазмы демонстрируют определенную степень упорядоченности, и «детерминистское» численное моделирование ячейечной конвекции может быть использовано для оценок ее эффективности как генератора магнитных полей.

С целью исследования поведения спиральности в этой работе выполнено конечно-разностное численное моделирование ячейечных конвективных течений в горизонтальном слое сжимаемой среды (газа), подогреваемого снизу и вращающемся вокруг вертикальной оси. Среда считается политропно стратифицированной. В начальный момент вносится тепловое возмущение, которое создает систему шестиугольных конвективных ячеек бенаровского типа. Относительные размеры расчетной области достигают $27.936 \times 24.192 \times 1$, в нее помещается до 12×6 пространственных периодов начального возмущения. В процессе эволюции ячейки постепенно утрачивают свою правильную структуру и в конечном счете разрушаются. Найдено, что средняя спиральность ячейечных течений может значительно превышать спиральность течений малоупорядоченных. При данных числах Рэлея и Прандтля ее максимальное значение растет с уменьшением индекса политропы (т.е. с ростом кривизны статического профиля энтропии) и имеет максимум при некоторой скорости вращения слоя.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 12-02-00792-а)

Конвективный механизм усиления и структурирования магнитного поля

Гетлинг А.В.¹, Колмычков В.В.², Мажорова О.С.²

¹ Научно-исследовательский институт ядерной физики
имени Д.В. Скобельцына

МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, e-mail: A.Getling@mail.ru

² Институт прикладной математики имени М.В. Келдыша,
Москва, e-mail: __@bk.ru, e-mail: olgamazhor@mail.ru

Развитие сильных фотосферных магнитных полей часто начинается с зарождения магнитных элементов в сетке, образованной периферийными частями конвективных ячеек того или иного масштаба. Это явление интерпретируется как результат «сгребания» магнитных силовых линий конвективным движением. С другой стороны, магнитные элементы могут появляться во внутренних частях супергранул [1], что может быть следствием «наматывания» силовых линий циркулирующим веществом. Такого рода процесс был предсказан Тверским [2] на основе простой кинематической модели.

В данной работе численно моделируется МГД-конвекция в горизонтальном слое несжимаемой жидкости; размеры расчетной области находятся в отношении $8 \times 8 \times 1$. Начальное магнитное поле считается однородным и горизонтальным. Показано, что взаимодействие квазиупорядоченной ячейечной конвекции с магнитным полем способно создавать биполярные (а также разнообразные более сложные) конфигурации значительно усиленного магнитного поля. Действие такого механизма определяется самой топологией ячейечного течения, может проявляться в различных пространственных масштабах и не требует сильных начальных магнитных полей. Магнитные конфигурации развиваются как в центрах конвективных ячеек, так и в сетке периферийных частей ячеек. В частности, видна роль циркуляционного движения жидкости, «наматывающего» магнитные силовые линии.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 12-02-00792-а)

[1] Title A. Лекция на XXVII Генеральной ассамблее МАС, Прага, 2006.

[2] Тверской Б.А. // Геомагн. и аэрон., 1966, т. 6, с. 11.

**О возможном происхождении многомасштабной
структуры солнечной конвекции**

**Гетлинг А.В.¹, Колмычков В.В.², Мажорова О.С.²,
Щерица О.В.²**

¹ Научно-исследовательский институт ядерной физики
имени Д.В. Скобелъцына
МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, e-mail: A.Getling@mail.ru

² Институт прикладной математики имени М.В. Келдыша,
Москва, e-mail: __@bk.ru, e-mail: olgamazhor@mail.ru,
e-mail: shchery@mail.ru

Происхождение дискретного спектра масштабов солнечной конвекции пока не нашло убедительного объяснения. Естественно попытаться связать возникновение многомасштабности течения с особенностями стратификации, которую следует считать конвективно неустойчивой на всех высотах. В работе исследуется влияние специально выбранной стратификации горизонтального слоя на масштабный спектр конвективных движений. Для этого выполняется численное моделирование конвекции на основе нестационарных уравнений движения и переноса энергии. Рассматривается простая двумерная модель, не учитывающая сжимаемости, и уравнения решаются для прямоугольной области с отношением сторон 15.7:1. Стратификация создается путем задания соответствующей температурной зависимости коэффициента температуропроводности. Кондуктивный градиент температуры очень велик в тонком приповерхностном слое. В определенных условиях наблюдается расщепление масштабов: картина конвекции выглядит как семейство двумерных ячеек (валов) некоторого основного масштаба, на которое наложены более мелкие ячейечные образования. С целью выделения последних применяются несколько методов обработки результатов расчетов. Мелкомасштабные ячейки наблюдаются, вообще говоря, вблизи обеих горизонтальных границ слоя.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 12-02-00792-а)

Сравнение двух методов обнаружения нового магнитного потока в активной области

Головкин А.А.¹, Файнштейн В.Г.¹, Попова Т.Е.²

¹Институт солнечно-земной физики, Иркутск,
e-mail: vfain@iszf.irk.ru

²Иркутский Государственный Университет, Иркутск

Сопоставлены два метода обнаружения нового магнитного потока (НМП), возникающего в активных областях перед сильными вспышками, сопровождающимися корональными выбросами массы типа гало со скоростью, превышающей 1500 км/с. Один метод основан на анализе фрактальных свойств распределения измеряемого фотосферного магнитного поля, второй — на визуальном анализе динамики пятен активной области и распределения в ней измеряемого магнитного поля. Показано, что для 60.5% мест возникновения НМП, обнаруженных с использованием методов фрактального анализа, в этих местах были обнаружены появления нового магнитного потока визуальным методом. В тоже время обнаружено, что в некоторых местах появления НМП, обнаруженного визуальным анализом данных, с использованием фрактального метода новый магнитный поток не был обнаружен.

Распределение яркостной температуры в полярной области Солнца по данным наблюдений на РАТАН-600 в сантиметровом диапазоне длин волн

Голубчина О.А., Коржавин А.Н.

Специальная астрофизическая обсерватория РАН,
Санкт-Петербург

Наблюдение солнечного затмения 29.03.2006 г. было выполнено на Северо-восточном секторе радиотелескопа РАТАН-600 на нескольких волнах сантиметрового диапазона. Максимальная фаза затмения равнялась 0.998. В момент максимальной фазы затмения 11:17 UT открытой оставалась Северо-западная полоска Солнца, равная примерно 2% от площади поверхности его фотосферы. Цель данной работы состоит в нахождении распределения яркостной температуры в атмосфере Солнца на расстоянии примерно от 1 R_c до 2 R_c на волнах 1.03 см, 1.38 см, 2.7 см, 6.2 см, 13 см, 31 см. Эти наблюдения уникальны тем, что в результате почти полного солнечного затмения было исключено влияние мешающего фактора — фонового радиоизлучения открытого диска Солнца, что не позволяет

выполнить подобное исследование в обычных наблюдениях. Радиоизлучение на указанных волнах в основном выходит из слоёв атмосферы Солнца, близких к верхней хромосфере и нижней короне Солнца.

Наблюдения выполнены в режиме «эстафеты», при положении вторичного отражателя в центре круга. Диаграмма направленности антенны (ДНА) является ножевой. Угловое разрешение на волне 1.03 см в горизонтальном и вертикальном направлениях составляет: (0.4×17.3) угл. мин., а на волне 31 см соответственно: (13.4×84) угл. мин.;

Центр ДНА был смещён по высоте относительно центра оптического диска Солнца на +15 угловых минут. При этом в центральную часть ДНА на момент наблюдения максимальной фазы затмения попадает Северная полярная область Солнца, в которой расположена корональная дыра. Поэтому мы можем считать, что задача состояла в определении распределения яркостных температур с расстоянием $T_b(r)$ в области полярной корональной дыры. Для решения этой задачи необходимо было построить такие модели солнечного затмения, которые максимально совпадали бы с реальными записями радиоизлучения Солнца на приведенных выше волнах наблюдений.

Основные этапы моделирования: 1. Задание модели Солнца и Луны в виде систем концентрических колец в рамках сферической симметрии с соответствующими яркостными температурами. 2. Расчёт координат оптических центров Луны и Солнца на каждую секунду времени наблюдения. 3. Расчёт горизонтальных и вертикальных диаграмм направленности антенны. 4. Вычисление яркостных температур $T_b(r)$. 5. Вычисление антенных температур $T_a(r)$.

Таким образом, для каждой волны наблюдения была сформирована система расстояний от центра Солнца и соответствующих яркостных температур.

В результате моделирования были получены распределения яркостных температур T_b с расстоянием r в короне Солнца в области полярной корональной дыры для приведенных выше длин волн наблюдений. Корректность полученных результатов подтверждается хорошим совпадением реальных записей наблюдений с модельными.

Физическое моделирование электромагнитных явлений в конвективной зоне Солнца

Грабов В.М.¹, Зайцев А.А.², Кузнецов Д.В.²

¹ РГПУ им. А.И. Герцена, г. Санкт-Петербург,
e-mail: vtgrabov@yandex.ru

² ЕГУ им. И.А. Бунина, г. Елец.

В условиях, далеких от термодинамического равновесия, при переходе числа Релея через критическое значение, в вязких средах формируются самоорганизующиеся упорядоченные конвективные структуры, примером которых являются ячейки Бенара. Примерами самоорганизующихся упорядоченных структур в вязкой электропроводящей среде являются также конвективные структуры в плазме Солнца и звезд.

Гипотеза исследования состоит в том, что в конвективных структурах в вязкой электропроводящей среде, например, в плазме, будут формироваться вихревые электромагнитные структуры, включающие вихревые поля сторонних сил и электрические токи.

Физическая природа формирования электромагнитных структур в конвективных вихрях в вязкой электропроводящей среде заключается в том, что конвективный вихрь фактически представляет собой замкнутый термоэлемент, ветви которого отличаются кинетической неоднородностью, так как скорости переноса массы в ветвях имеют направление, соответственно совпадающее и противоположное градиенту температуры. В результате формируется ЭДС, обусловленная совместным действием термодиффузии и массопереноса.

Исследованная физическая модель представляет собой вертикально расположенную U-образную трубку, вдоль колен которой направлен градиент температуры (например, осуществляется подогрев снизу), через которую принудительно с заданной скоростью пропускается водный раствор ионного соединения, электролит, например, раствор гидроксида калия. ЭДС измерялась между точками входа и выхода электролита, температуры которых в течение всего опыта поддерживались одинаковыми. При наличии градиента температуры и отсутствии течения электролита ЭДС была близка к нулю, так как ветви термоэлемента были симметричными. При протекании электролита симметрия ветвей нарушалась, в результате измерялась ЭДС, величина которой была пропорциональна перепаду температуры, а в зависимости от скорости протекания электролита проходила через максимум со значением коэффициента ЭДС примерно равным коэффициенту термоэдс электролита, примерно 1 мВ/К. Обнаруженный новый эффект назван термоэлектрокинетическим. Оценки показывают, что в конвективной зоне Солнца термоэлектрокинетическая ЭДС, примерно

1 мВ/К, может обеспечить создание магнитных полей около 0,1 Тесла, по порядку величины близких к экспериментально наблюдаемым в области солнечных пятен.

**О нелинейной связи стационарных сильных разрывов
со структурами с постоянным давлением в потоке
солнечного ветра**

Гриб С.А.

*ГАО РАН, Санкт-Петербург, 196140, Россия,
e-mail: sagrib@gmail.com*

В настоящее время во многих работах предполагается, что часто наблюдаемые в потоке солнечного ветра плазменные структуры с постоянным давлением ведут себя подобно магнитосфере Земли. Следует обратить внимание на наличие у магнитосферы плазменной границы или магнитопаузы, представляемой в виде классического стационарного магнитогидродинамического (МГД) тангенциального разрыва (ТР). При столкновении нестационарной солнечной ударной волны с магнитопаузой образуется отраженная быстрая волна разрежения, движущаяся по магнитослою как обратная вторичная волна. Подобные волны должны возникать и при взаимодействии солнечных МГД ударных волн как с изолированными тангенциальными разрывами в потоке солнечного ветра, так и с границами плазменных структур, представляемыми в виде ТР. Единственным отличием будет влияние сверхмагнитозвукового потока солнечного ветра, который переносит и всю плазменную структуру, и вторичные МГД волны, возникающие в результате нелинейных взаимодействий солнечных нестационарных ударных волн со стационарными разрывами на границах структуры. Наблюдения, проведенные с помощью космических аппаратов Voyager 2 и WIND, указывают на присутствие в стационарных плазменных структурах с постоянным давлением резкого изменения величины плотности плазмы при переходе через границу структуры, обратно коррелирующей с поведением величины межпланетного магнитного поля. В рамках численного и аналитического решений МГД проблемы Римана-Кочина описываются вторичные волны, отраженные от границы структуры. Обсуждается динамическое состояние магнитных дыр, изолированных тангенциальных разрывов и границ плазменных потоков как примеры применения предложенной теории.

Работа осуществлялась при частичной поддержке программой П-22 Президиума РАН и грантом РФФИ РАН 11-01-00235.

**Проект СОЛнечного СИноптического Телескопа
(СОЛСИТ) — нового российского инструмента
для полновекторного мониторинга магнитных полей
по всему диску Солнца**

Григорьев В.М.¹, Демидов М.Л.¹, Денисенко С.А.²

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

²*ОАО ЛОМО, С.-Петербург, e-mail: sadenise@lomo.sp.ru*

Насущной задачей современной науки является обладание надёжной информацией о распределении как продольных, так и поперечных магнитных полей по всему диску Солнца, с чем более высоким пространственным разрешением, тем лучше. Уже много лет такие наблюдения выполняются на телескопе SOLIS (обсерватория Китт Пик) в США, а также на фильтровом телескопе SMAT обсерватории Хуайроу в Китае. Несколько лет ведутся работы по созданию такого специализированного телескопа нового поколения и в России. Настоящий доклад посвящён изложению основных сведений о создаваемом телескопе, получившим, исходя из его предназначения, рабочее название СОЛСИТ — СОЛнечный СИноптический Телескоп. СОЛСИТ представляет собой компактный (длина около 3-х метров) рефлектор внеосевой системы Грегори, осуществляющий сканирование всего изображения Солнца за два скана с пространственным разрешением 2 секунды дуги за время не более получаса. Диаметр основного внеосевого параболического зеркала составляет 350 мм, предусмотрена система охлаждения промежуточной щели, на которой размер изображения Солнца составляет 20 мм. Важной особенностью СОЛСИТ является компактный навесной зеркальный дифракционный спектрограф системы Литтрова внеосевой конфигурации, который при малом фокусном расстоянии обеспечивает дисперсию, достаточную для регистрации параметров Стокса одновременно в нескольких спектральных линиях. Основными рабочими линиями являются Fe I $\lambda 630.15$ нм и Fe I $\lambda 630.25$ нм, однако, предусмотрена возможность быстрой перестройки спектрографа в другие диапазоны, в частности, в зелёную и инфракрасную области спектра. Использование апохромата в качестве фокусирующего объектива и аноморфота в спектрографе позволяет выполнять наблюдения в разных спектральных диапазонах без перефокусировки телескопа.

Микроволновое излучение активных областей в прошедшем минимуме солнечной активности

Григорьева И.Ю.¹, Просовецкий Д.В.²

¹ Главная астрономическая обсерватория, С.-Петербург,
e-mail: irina19752004@mail.ru

² Институт солнечно-земной физики, Иркутск

В течение глубокого минимума солнечной активности 2007-2009 гг. было выбрано несколько групп пятен, в которых не наблюдалось вспышечной активности или происходили субвспышки и 1-2 вспышки балла C. Радионаблюдения в указанный период позволили получить спектральные характеристики активных областей на спокойной стадии их развития.

В работе по данным радиотелескопа РАТАН-600 исследованы спектры в диапазоне 6-17 ГГц активных областей NOAA 10933, 10935 и 10937, которые наблюдались на диске Солнца в январе 2007 г., и NOAA 10999, наблюдавшейся в июне 2008 г. Проведено сравнение характеристик радиоизлучения с физическими параметрами плазмы, полученными в крайнем ультрафиолете по данным космического аппарата SOHO в указанных группах, а также с картами фотосферных магнитных полей.

Обнаружено, что в группах с субвспышками происходит всплытие нового магнитного потока, сопровождаемое развитием поляризованного источника в микроволновом диапазоне.

По ультрафиолетовым данным показано, что в таких группах образуется область более плотной плазмы с повышенной температурой. Обсуждается возможная роль нетепловых процессов в генерации микроволнового излучения.

Мера завихрённости земной атмосферы и индексы солнечной активности

Давыдов В.В.

*Пулковская обсерватория, Горная Астрономическая станция,
Кисловодск, e-mail: davale@rambler.ru*

Методы кроссвейвлетного анализа рассматриваются вместе с рекуррентными графиками при анализе солнечно-земных связей для глобального метеоиндекса — меры завихрённости атмосферы Земли в северном полушарии и индексов солнечной активности. Используются ежедневные ряды данных с 1946 по 1978 годы.

**Диагностика магнитных полей Солнца посредством
сопоставления наблюдений в линиях вблизи 525.0 нм
и 630.02 нм**

Демидов М.Л.¹, Стенфло Я.О.², Бианда М.², Рамелли Р.²

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

²*IRSOL, Locarno, Switzerland e-mail: mbianda@irsol.ch*

Наблюдения в спектральных линиях, принадлежащих зелёному (FeI 524.70 нм и FeI 525.02 нм) и красному (FeI 630.15 нм и FeI 630.25 нм) мультиплетам железа, широко используются при изучении магнитных полей Солнца. Значимость диагностических возможностей измерений в линиях FeI 630.15 нм и FeI 630.25 нм особенно возросла в последнее время в связи с большим потоком данных, поступающих с космической обсерватории Hinode. Однако, эти линии имеют существенные различия не только в факторах Ландэ, но и в других параметрах, что приводит к различию их профилей и, как следствие, к различию глубин образования. Следовательно, для диагностики напряженностей магнитных полей более предпочтительным представляется использование линий FeI 524.70 нм и FeI 525.02 нм, единственным существенным отличием между которыми является отличие в значениях фактора Ландэ. В данной работе представлены результаты сопоставления измерений I- и V-профилей Стокса в различных комбинациях названных выше линий, выполненных на двух инструментах — СТОП Саянской обсерватории и ZIMPOL-III обсерватории IRSOL. Приводится обсуждение некоторых свойств магнитных полей, следуемых из статистического анализа таких наблюдений.

Солнечная радиация и проблема продолжительности современного межледникового

Дергачев В.А.¹, Распопов О.М.²

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

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

Климат Земли в прошлом характеризовался двумя более или менее устойчивыми состояниями: теплыми (межледниковыми) и холодными (ледниковыми), обусловленными колебаниями орбитальных параметров Земли, в частности, прецессией земной оси, углом наклона земной оси к плоскости её орбиты и эксцентриситетом орбиты. Исследования показывают, что эксцентриситет изменяет усреднённую солнечную радиацию, получаемую Землёй, в то время как прецессия и наклон земной оси изменяют сезонное и широтное изменение инсоляции. Для понимания механизмов изменений климата важно исследовать закономерности этого явления во времени и пространстве, а именно: циклический характер колебаний климата, колебания общей энергии солнечного излучения, включающего солнечную активность, связь с общей циркуляцией атмосферы и др. Проблема изменения климата в настоящее время соотносит наблюдаемые вариации климата с естественными источниками изменчивости и антропогенными факторами воздействия. Решение задач орбитального и вращательного движения Земли показывает, что, по крайней мере, на интервале 100 млн. лет солнечная система устойчива и стабильна, а поэтому существующие темпы увеличения среднегодовой температуры не являются катастрофическими для глобального климата Земли.

Сегодня человечество живёт в межледниковом периоде, который начался около 11 тыс. лет назад. Получение информации о закономерностях изменения климата на большой шкале времени связано с изучением ледниковых щитов Гренландии и Антарктиды и океанических отложений. До недавнего времени самый длинный ряд детальных наблюдений за температурой, полученных из кернов льда со станции «Восток» охватывал последние 420 тыс. лет. Климат последних сотен тысяч лет характеризуется довольно чёткой периодичностью в примерно 100 тыс. лет, которая сменяется более короткими периодами потепления длительностью около 10-12 тыс. лет. Встаёт вопрос о конце современного межледникового. Наиболее изучен последний ледниковый период, включающий последнее межледниковье (Эем). Казалось бы есть ключ: использовать это межледниковье в качестве подходящего аналога в прошлом для оценки развития и окон-

чания современного межледникового (Голоцен), что позволит нам предсказывать будущее изменение климата. Изучение климатических данных показывает, что различие в температуре Эеме по сравнению с Голоценом вследствие орбитального воздействия позволяет объяснить более высокие температуры в большинстве регионов северного полушария, главным образом из-за разного наклона земной оси и эксцентриситета в Эеме и Голоцене. Большой наклон обеспечил более сильную инсоляцию в высоких широтах и более слабую – в низких. В Голоцене инсоляция от орбитального воздействия должна быть значительно ниже в течение следующих столетий по сравнению с Эемом.

Кроме того, сравнение длительности Голоцена с Эемом и предыдущими межледниковьями указывает, что окончание Голоцена должно скоро наступить (через нескольких сотен лет).

Однако более глубокие ледяные керны показывают, что три предыдущих межледниковья отличаются от четвертого, которое, как и Голоцен, приходится на период времени, когда орбитальный эксцентриситет попадает на минимум 400-тысячелетнего орбитального цикла. Длительность межледникового, которое имело место ~400 тыс. лет назад, оценивают на много дольше, чем последующие.

Критические проанализированы имеющиеся данные по изменению климата и солнечной инсоляции на шкале последнего миллиона лет и обсуждена проблема продолжительности современного межледникового Голоцен.

События 5 мая 2012 года по наблюдениям с аппаратов STEREO-A и B

Дивлекеев М.И.

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

Рассмотрены события, наблюдавшиеся в двух активных областях (АО), которые на изображениях STEREO-A находились на западном краю диска Солнца, а на снимках STEREO-B вблизи восточного края в северном и южном полушариях. Активные области 5 мая 2012 г. находились на обратной стороне Солнца и другие аппараты их не наблюдали.

Изучено движение структур, охваченных вспышкой. В АО в северном полушарии вспышка, произошедшая в интервале 04:35-05:00 UT, привела к подъёму горячих петель в наклонной плоскости до высот около 20000 км. После этого произошла активация АО в юго-восточной области диска Солнца, что привело в 05:05 UT к подъёму волокна и горячей плазмы в

кольцеобразной структуре в северной части АО. К 05:10 UT происходит выброс этих образований, а на месте их вспышки развивается вспышка. Вспышка достигает максимума в 05:25 UT.

Исследовалась динамика движения выброшенных структур и определена скорость их движения.

Поляризация сжимаемых флуктуаций плазмы в солнечном ветре

Ерофеев Д.В.

*Уссурийская астрофизическая обсерватория ДВО РАН, Уссурийск,
e-mail: dve_08@mail.ru*

С целью исследования сжимаемых флуктуаций плазмы солнечного ветра вблизи орбиты Земли, проанализированы данные космических аппаратов Advanced Composition Explorer (ACE) и WIND за 1995-2010 гг. В низкоскоростном солнечном ветре ($V < 430$ км/с) обнаружена корреляция между флуктуациями направления магнитного поля и плотности плазмы, а также между флуктуациями скорости и плотности плазмы. Свойства симметрии ковариационных функций этих параметров хорошо соответствуют характерным особенностям поляризации быстрых магнитозвуковых волн, распространяющихся преимущественно от Солнца вдоль направления регулярного магнитного поля (спирали Паркера). Однако корреляция между модулем магнитного поля и плотностью плазмы отрицательна, что не соответствует быстрым магнитозвуковым волнам и говорит о доминирующей роли сбалансированных по давлению структур (PBS). Так как при этом вариации модуля и направления магнитного поля не коррелируют, можно сделать вывод что продольные и поперечные колебания магнитного поля соответствуют разным модам (первые — PBS, а вторые, возможно, магнитозвуковым волнам). В высокоскоростном ветре отрицательная корреляция между модулем магнитного поля и плотностью плазмы также имеет место, но корреляция между флуктуациями направления магнитного поля и плотности плазмы не обнаружена.

Новый метод определения скорости перемещения трассеров по поверхности Солнца

Ефремов В.И.

*Учреждение Российской академии наук Главная (Пулковская)
астрономическая обсерватория РАН, С.-Петербург,
e-mail: taklimur@gmail.com*

Предлагается оригинальный метод определения скорости перемещения трассеров по поверхности Солнца. В основу метода положены стабильные периодические процессы-артефакты, возникающие в полезных сигналах при использовании дискретных приемников — ССД матриц, при проецировании на них распределенных источников. Периоды этих артефактов используются как единица времени. Качественно определены два критерия возникновения артефакта в сигнале: величина каденции, т.е. шаг дискретизации ряда исследуемой физической величины и градиент её поля в плоскости матрицы. Оба условия являются необходимыми, но имеют разный характер: каденция имеет «пороговый» характер зависимости возникновения эффекта, а градиент поля — «непрерывный». Метод применен к исследованию дифференциального вращения Солнца — в части широтной зависимости движения трассеров (пятен) при прохождении ими центрального меридиана. Проведены сравнения периодов обращения Солнца на конкретной широте с данными предыдущих исследований и оценена точность метода.

- [1] Efremov V.I., Parfinenko L.D., Solov'ev A.A. //Solar Physics. V. 267. Issue2. pp. 279-293. 2010.
- [2] Efremov V.I., Parfinenko L.D., Solov'ev A.A. //Cosmic Research. 50. pp. 44-55. 2012.
- [3] Beck, J.G.//Solar Phys. 191, 47-70, 1999

Долгопериодические колебания солнечных пятен по доплерограммам и интенсивограммам SOHO/MDI

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

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

Исследована низкочастотная часть спектра колебаний солнечных пятен, с периодами более получаса. Используются длительные, до 100 часов,

однородные серии доплерограмм и интенсивограмм солнечных пятен, полученные на приборе Michelson Doppler Imager (MDI), космического аппарата Solar and Heliospheric Observatory (SOHO) со скважностью в 1 минуту. Измерение доплеровских смещений спектральных линий дает прямое доказательство того, что газ в солнечном пятне квазипериодически перемещается по лучу зрения, то удаляясь от наблюдателя, то приближаясь к нему. Показано существование низкочастотных колебаний отдельных областей тени пятна как в лучевых скоростях, так и в яркости. Эти колебания имеют те же периоды, что ранее были выявлены по магнитограммам SOHO/MDI. Подтвержден вывод, полученный по временным вариациям магнитного поля пятен, о том, что предельной низкочастотной модой колебаний солнечного пятна как целого является мода с периодом в диапазоне от 12-15 до 28-32 часов (в зависимости от напряженности магнитного поля пятна).

Исследование параметров ИК-триплета $He\ I\ 10830$ тени солнечных пятен

Загайнова Ю.С.¹

*Институт солнечно-земной физики, Иркутск,
e-mail: yuliazagaynova@mail.ru*

Приведены результаты спектральных наблюдений тени солнечных пятен различной площади в линии $\lambda\ 10830\text{\AA}$.

В работе кратко изложены методы обработки данных, в том числе, исправления спектрограмм за рассеянный свет. Исключение рассеянного света осуществлялось в два этапа: вначале данные исправляли за постоянную составляющую рассеяния, затем исключался вклад «замывания» спектров. Особенностью метода исправления за рассеянный свет является определение параметров функции рассеяния точки из наблюдаемого профиля контраста пор и малых солнечных пятен с вырожденной полутенью.

Ранее кратко в работах [1] и [2] были изложены результаты спектральных наблюдений тени пятен в $\lambda\ 10830.3\text{\AA}$ и $\lambda\ 10829.7\text{\AA}$ и их сравнение с данными фильтровых наблюдений в УФ-диапазоне в $He\ II\ 304$. Было показано, что поведение, например, эквивалентной ширины ИК-триплета $He\ I\ 10830$ различается от площади ведущих солнечных пятен и пятен замыкающей части активной области. В данной работе результаты хромосферных наблюдений тени солнечных пятен и пор обсуждаются более подробно. Приводятся зависимости полуширины, эквивалентной ширины, глубины линий $\lambda\ 10830.3\text{\AA}$ и $\lambda\ 10829.7\text{\AA}$ от площади солнечных пятен, а

также контраста солнечных пятен и пор до и после исправления спектров за рассеянный свет.

- [1] Загайнова Ю.С. Свечение $He II$ 304Å над тенью пятен. //Труды ежегодной Всероссийской конференции «Год астрономии: Солнечная и солнечно-земная физика — 2009», Санкт-Петербург, Пулково, 5-11 июля 2009, С183-186.2009.
- [2] Загайнова Ю.С. Свечение $He II$ 304Å над тенью пятен. // Астрономический журнал, т. 88, №2, 2011 г., стр. 180-183.

**Микровспышки, возникающие
при осцилляциях скорости
фотосферной конвекции**

Зайцев В.В.¹, Кислякова К.Г.²

¹*Институт прикладной физики, Нижний Новгород,
e-mail: za130@appl.sci-nnov.ru*

²*Space Research institute, Graz, Austria*

Рассмотрено возникновение микровспышек во время осцилляций скорости фотосферной конвекции (в частности, во время 5-минутных фотосферных колебаний). Осцилляции скорости фотосферной конвекции приводят к осцилляциям электрического тока, текущего вдоль петли. Осцилляции электрического тока приводят, в свою очередь, к генерации индукционного электрического поля, ускоряющего частицы. Максимальные потоки ускоренных частиц возникают вблизи вершины корональной магнитной петли, где максимально отношение ускоряющего электрического поля к полю Драйзера. Вычислена функция нагрева, обусловленная испарением горячей хромосферной плазмы, возникающей в результате взаимодействия ускоренных частиц с хромосферными основаниями петли. Определена энергия микровспышек, а также квазистационарная температура плазмы в петле и ее зависимость от амплитуды скорости в 5-минутных фотосферных колебаниях. Работа поддержана грантами РФФИ (11-02-00103-а, 10-02-00265а), Программой поддержки ведущих научных школ (НШ-4185.2012.2), а также Программами фундаментальных исследований Президиума РАН (П-21, П-22).

**К вопросу о генерации квазипериодических пульсаций
в «однопетлевых» солнечных вспышках**

Зимовец И.В.¹, Кузнецов С.А.^{2,3}, Струминский А.Б.¹

¹ ИКИ РАН, Москва, e-mail: ivanzim@iki.rssi.ru,
e-mail: astrum@iki.rssi.ru

² НИРФИ, Нижний Новгород, e-mail: kuznetsov@nirfi.sci-nnov.ru

³ ГАО РАН, Санкт-Петербург

Уточнена пространственная структура так называемых «однопетлевых» солнечных вспышек, сопровождаемых квазипериодическими пульсациями микроволнового излучения [1]. Посредством анализа наблюдательных данных, полученных с высоким угловым разрешением в диапазонах жесткого рентгеновского ($\approx 4''$) и вакуумного ультрафиолетового ($\approx 1''$) излучения, показано, что по крайней мере некоторые из таких вспышек нельзя считать однопетлевыми. Толстая одиночная «петля» диаметром $15 - 30''$, наблюдаемая в микроволновом диапазоне с более низким угловым разрешением $5'' - 10''$, в действительности представляет собой целую аркаду относительно более тонких петель диаметром менее $3''$. Последовательные всплески (пульсации) микроволнового и жесткого рентгеновского излучения испускаются из различных участков активной области — из соседствующих подсистем (пучков) петель вспышечной аркады. Это свидетельствует о том, что пульсации являются результатом пространственно-разнесенных актов ускорения и последующей термализации популяций нетепловых электронов. Установленные наблюдательные факты накладывают существенные ограничения на модели генерации квазипериодических пульсаций в частности и на модели солнечных вспышек в целом.

- [1] Kupriyanova E.G., Melnikov V.F., Nakariakov V.M., Shibasaki K. // Solar Phys., 2010, v. 267, p. 329.

Пространственно-временные кластеры солнечных пятен и переполюсовка полярного магнитного поля Солнца

Золотова Н.В., Понявин Д.И.

*Санкт-Петербургский государственный университет,
Санкт-Петербург, e-mail: ned@geo.phys.spbu.ru*

Пространственно-временная организация солнечной активности (импульсы по терминологии Гневых) рассмотрена на реальных и модельных данных. Сложная форма солнечного цикла объясняется суперпозицией кластеров пятен на диаграмме широта-время. Сравнение широтно-временной диаграммы магнитных полей Солнца и импульсов активности показало, что каждая из волн новой полярности к полюсам связана со всплеском пятнообразования. В результате численного моделирования распределения магнитных биполей с учетом законов Хэйла и Джоя получено, что волны полярности к полюсам объясняются переносом дисбаланса магнитного потока из активных областей меридиональной конвекцией. При этом время переполюсовки по отношению к максимуму цикла свидетельствует о законе роста угла наклона осей магнитных биполей с широтой. Роль диффузии в переполюсовке магнитных полей на Солнце обсуждается в данной работе.

Реперные моменты 11-летних циклов солнечной активности и универсальность закона широтного дрейфа солнечных пятен

Иванов В.Г., Милецкий Е.В.

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

В работе описан метод определения реперных моментов старта цикла солнечной активности, привязанный только к средней широте пятен, и не использующий его амплитудных характеристик. Показано, что при отсчёте фазы цикла относительно найденных моментов закон широтного дрейфа солнечных пятен носит универсальный характер. Отмечено, что сдвиг моментов старта относительно минимумов активности носит систематический характер — он коррелирует с амплитудой цикла и имеет тенденцию к увеличению в последних 12 солнечных циклах. Показано, что на фазе спада цикла, при средней широте групп ниже 12° , активность функционально связана с этой широтой.

Роль крупномасштабной структуры магнитного поля Солнца в образовании комплексов активности

Иванов Е.В.

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

Для различных фаз 23-го солнечного цикла сопоставлены синоптические карты магнитного поля Солнца, полученные с MDI, со стэнфордскими картами крупномасштабного магнитного поля Солнца. Показана тесная связь образующихся комплексов активных областей со структурой крупномасштабного магнитного поля Солнца. Подчеркнута связь параметров (размеров и структуры) комплексов активных областей с параметрами (скоростью и частотой появления) возникающих в этих комплексах корональных выбросов массы.

Алгоритмическое выделение ветвей баттерфляй-диаграмм солнечной активности

**Илларионов Е.А.¹, Соколов Д.Д.², Арльт Р.³,
Хлыстова А.И.⁴**

¹ МГУ, Москва, e-mail: egor.mypost@gmail.com

² МГУ, Москва, e-mail: sokoloff@dds.srcc.msu.su

³ Astrophysikalisches Institut Potsdam, Potsdam, Germany,
e-mail: rarlt@aip.de

⁴ Институт солнечно-земной физики, Иркутск,
e-mail: hlystova@iszf.irk.ru

Физическая природа солнечных циклов связана с волнами активности, распространяющимися от средних широт к экватору. Эти волны хорошо различимы на баттерфляй-диаграммах в виде областей с повышенной плотностью солнечных пятен, при этом каждый цикл содержит по одной волне в каждом полушарии. Солнечные пятна, возникающие в местах пересечения поверхности солнца магнитными линиями тороидального магнитного поля, могут быть объединены в группы солнечных пятен. Для каждой группы определяется полярность в соответствии с направлением магнитного поля ведущих пятен. Закон полярности Хейла утверждает, что волны активности в пределах одного цикла в северном и южном полушарии, также как и для двух соседних циклов в одинаковых полушариях, имеют противоположные полярности (за исключением небольшого числа

групп). На основании этого закона возможно разделение солнечных пятен по циклам. Однако, такой подход не годится, например, для исторических данных, для которых невозможно определить полярность.

В своей работе мы пытаемся разделить волны солнечной активности алгоритмическим путем без использования закона полярности Хейла. Для этой цели мы применяем два алгоритма кластерного анализа, DBSCAN и C-meap, и показываем их способность разделять волны активности для современных циклов на основе данных только о плотности солнечных пятен. Затем мы применяем этот метод для исторических данных за 18 век (данные Штаудахера). Метод разделяет две волны в цикле номер 2, но выделяет только одну в цикле с номером 1. На наш взгляд, это служит подтверждением необычной природы солнечной активности в 18 веке.

Особенности широтно-временной эволюции магнитного поля в 23-м цикле солнечной активности

Ихсанов Р.Н., Иванов В.Г.

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

В продолжение исследования широтно-временной эволюции крупномасштабного магнитного поля (КМП) с открытыми и замкнутыми конфигурациями магнитных полей (м.п.) [1], в этой работе основное внимание уделяется 23-му циклу солнечной активности, заметно отличающемуся от двух предыдущих (21-го и 22-го).

К его особенностям следует, прежде всего, отнести нарушение одного из правил Гневешева-Оля: высота 23-го цикла оказалась ниже чётного, 22-го, а также глубокий и продолжительный минимум после цикла и другие отличия.

Исходным материалом для исследования КМП послужили наблюдения фотосферного м.п. Солнца Стенфордской обсерватории за 1976–2011 годы.

Найдено, что на фазе II, т.е. в период спада солнечной активности, в 23-м цикле наблюдается существенное отклонение хода эволюции м.п. от обычного, подобного циклам 21 и 22.

Показано, что основной причиной особенностей 23-го цикла является его отмеченная выше вторичная активность.

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

Циклические изменения крупно- и среднемасштабных магнитных полей в высоких и низких гелиоширотах в 20–23 циклах

Ихсанов Р.Н., Иванов В.Г.

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

Для исследования глобальных циклических вариаций солнечной активности в 20–23 циклах в высоких и низких гелиоширотах были привлечены ряды следующих индексов: числа Вольфа, суммарные площади пятен, чисел полярных факелов, а также среднеоборотных значений квадрата магнитного поля Солнца как звезды. Для отдельного рассмотрения высоко- и низкоширотной активности были введены дополнительно индексы чисел экваториальных и полярных дыр и интенсивностей низко- ($< 45^\circ$) и высокоширотной ($> 45^\circ$) зелёной короны. Кроме того, для периода 1960–2010 годов были вычислены значения индексов энергии крупномасштабного магнитного поля на уровнях фотосферы и поверхности источника ($2.5R_\odot$).

Наличие данных о четырёх солнечных циклах позволяет выявить эволюционные особенности в чётных и нечётных циклах, в том числе и эволюционные особенности аномального 23-го цикла, а также другие закономерности.

Эволюция высокоширотных корональных дыр и полярных факелов в 21–23 циклах

Ихсанов Р.Н., Тавастшерна К.С.

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

На основе сводного ряда корональных дыр (КД), составленного Тавастшерна, Васильевой, Тлатовым, продолжено исследование свойств КД в 11-летних циклах. Ряд получен по данным наблюдений обсерватории Китт-Пик в линии $\text{HeI } 10830\text{\AA}$ за период 1975–2003 гг. и данным SOHO/EIT в линии $\text{FeXII } 195\text{\AA}$ за период 1997–2010 гг. Проведено сравнение высокоширотной эволюции КД и полярных факелов (ПФ) в 21–23 циклах. Особое внимание уделено аномальному 23 циклу. Такое совместное рассмотрение КД и ПФ дает возможность объяснить многие особенности этого цикла.

Комплексы активных областей как основной источник экстремальных и больших солнечных протонных событий

Ишков В.Н.

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

Логика развития исследований солнечных экстремальных событий поставила в повестку дня изучение ситуаций, когда сравнительно слабые (большие, но отнюдь не экстремальные) солнечные вспышечные события вызывают в околоземном космическом пространстве события экстремальной мощности. Из 17 солнечных протонных событий с потоком протонов (S4+S3) с энергией $E > 10$ МэВ, 7 событий были вызваны большими, но отнюдь не экстремальными солнечными вспышками. Выборка подобных протонных событий показала, что 10 из 11 осуществились в комплексах активных областей, переходной структуре между активными областями и комплексами активности. Приводится классификация подобных структур и доказательства, что очень большие группы солнечных пятен можно рассматривать как комплексы активных областей, компоненты которых последовательно всплывают в ограниченном пространстве, обеспечивая высокую вспышечную активность всё время прохождения такой активной области по видимому диску Солнца.

Солнце вблизи максимума 24 цикла СА: вспышечная активность, ход и прогноз развития

Ишков В.Н.

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

Рассмотрены основные характеристики и ход развития текущего 24 цикла СА после трёх лет эволюции. Кривая развития на фазе роста на сентябрь 2012 г. немного превзошла проходит по высоте солнечного цикла 14 — самого низкого из достоверных, но остаётся в рамках низких солнечных циклов. Одной из самых характерных особенностей текущего солнечного цикла является необычно большое количество комплексов активных областей, промежуточной структуры пятнообразовательной активности между активной областью и комплексами активности. Данные солнечной обсерватории SDO позволили с очень высоким пространственным и временным разрешениями начать изучение солнечных вспышек малых, средних (164) и больших (43) баллов, в том числе 15 протонных событий, среди

которых наблюдались два, с интенсивностью потока протонов S3. Наблюдения позволили выявить предполагавшиеся связи между вспышками и выбросами солнечных волокон, и подтвердить глобальный характер даже не мощных солнечных вспышечных явлений. Привлечение наблюдательных данных космических обсерваторий STEREO даёт возможность исследовать вспышечные события с разных точек пространства и получать трёхмерную картину развития событий.

Линии Н и К CaII в затменном спектре солнечного протуберанца 29 марта 2006 года

Калинин А.А., Горда С.Ю., Крушинский В.В., Попов А.А.

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

Экспедицией АО УрГУ получены спектры петельных структур протуберанца в области Н и К CaII и широкополосные снимки солнечной короны в линиях 5303 и 6374 во время полного солнечного затмения 29 марта 2006 года. Экспедиция базировалась в ГАС ГАО РАН. Оборудование включало экспедиционный телескоп АЦУ-23 (диаметр зеркал 225 мм) с часовым ведением и монохроматор УМ-2 с регистрацией спектра на ПЗС StarLight SXV-H9. Широкополосные снимки получены с помощью интерференционных фильтров, рефрактора диаметром 8 см и бытовой зеркальной цифровой фотокамеры.

Для выбора объектов анализировались $H\alpha$ карты ГАС ГАО РАН. Изучены линии Н и К CaII в спектре протуберанца в самом начале полной фазы. Линии имеют характерный вид наклонных бочек, с раздвоенным концом в направлении Солнца. Максимальный доплеровский сдвиг достигает 90 км/с. Такой вид характерен для вращающихся цилиндров или спиралей, когда щель пересекает их под углом [1]. Возможно также наложение петель, в которых течет вещество. Плоскопараллельный слой большой оптической толщины тоже в принципе может дать подобные профили, но ввиду петельной структуры хромосферы и короны это маловероятно. Таким образом, наблюдаемые профили дают пример активной петельной структуры с большим градиентом скорости. Анализ физических условий по отношению интенсивностей линий Н и К согласно [2] соответствует низкотемпературному и плотному (температура 4000 К, давление 1 дин/см²) протуберанцу. Обсуждается применимость модели [2] для интерпретации подобных спектров.

[1] Rompolt B., Rotational motions in fine solar structures, Wroclaw, 1975

[2] Kalinin A.A. // Geomagn. Aeron., 2012, in press

**Магнитные поля в нижней короне Солнца
по сопоставлению наблюдательных и модельных
спектральных данных**

***Кальтман Т.И.¹, Богод В.М.¹, Ступишин А.Г.²,
Яснов Л.В.³***

¹ Санкт –Петербургский филиал САО РАН, С.-Петербург,
e-mail: arles@mail.ru

² Санкт -Петербургский Государственный университет,
С.-Петербург

По сопоставлению наблюдательных и модельных спектральных данных исследуются магнитные поля солнечных активных областей в нижней короне. Для анализа используется сравнение пространственной структуры реконструированного магнитного поля и пространственной структуры радиоизлучения активной области. Представлена методика диагностики, основанная на многоволновых поляризационных наблюдениях на РАТАН-600 в сантиметровом диапазоне, экстраполяции фотосферного магнитного поля и расчетах радиоизлучения.

Используя этот метод, можно восстановить трехмерное распределение магнитного поля и оценить значения электронной плотности и температуры на разных высотах и в разных частях активной области. Исследовались разные типы активных областей — от одиночного пятна до комплексной активной области со сложной структурой, включающей пекулярный источник. Для областей с простой структурой удается достичь удовлетворительного согласия между модельными расчетами и наблюдательными данными, в то же время для более сложных активных областей обнаруживаются некоторые противоречия, возможно связанные с упрощенными моделями как реконструированного магнитного поля, так и с принятыми распределениями электронной плотности и температуры. С учетом этих погрешностей, метод позволяет рассчитать эффективные высоты излучения, оценить относительные доли теплового тормозного и циклотронного механизмов излучения на различных длинах волн, представить тонкую пространственную структуру и скорректировать оценки размеров компонентов активной области. Сопоставление наблюдательных и модельных спектральных данных также дает возможность выявить аномалии в структуре магнитного поля активных областей, в том числе перед вспышечными процессами.

Влияние динамики геомагнитной активности на рекуррентные показатели ЭЭГ

Кануников И.Е., Киселев Б.В., Киселев В.Б.

СПбГУ, Санкт-Петербург, e-mail: igorkan@mail.ru

Результаты многих наблюдений показывают, что нервная система человека чувствительна к изменениям геомагнитной активности. Впервые на это обратил внимание А. Л. Чижевский, представив убедительный материал о связи с солнечной активностью частоты эпилептических припадков, смертности от заболеваний нервной системы, числа самоубийств и т.д. Настоящее исследование проводилось с целью изучения возможностей использования нелинейных методов анализа ЭЭГ методом так называемой цифровой оценки рекуррентных диаграмм (recurrent plot). Обработывалась компьютерная база данных ЭЭГ 10 испытуемых. Для каждого испытуемого для всех 16 отведений и 3-х фоновых состояний вычислялись 9 рекуррентных мер ЭЭГ (RR, DET, L, DIV, ENTR, RATIO, LAM, TT, CLEAN). Затем рассчитывался коэффициент корреляции с глобальным и локальным индексом геомагнитной активности в день проведения опыта. Рассматривались значимые коэффициенты корреляции рекуррентных показателей с индексами геомагнитного поля. Количество значимых взаимосвязей с рекуррентными показателями было больше с локальным индексом по сравнению с Ар индексом. Количество значимых корреляций для различных рекуррентных показателей оказалось близким. Исходя из этого, данные по 9-ти рекуррентным показателям были усреднены отдельно для левых и правых отведений ЭЭГ. Оказалось, что глобальный и локальный геомагнитные индексы имели значимо большее количество корреляций в левом полушарии по сравнению с правым. Более тесная связь рекуррентных показателей ЭЭГ с локальным индексом по сравнению с генеральным индексом, объясняется тем, что локальный индекс более точно отражает состояние геомагнитного поля в Санкт-Петербурге. Исследование классических ритмов ЭЭГ (тета-, альфа- и бета-) в отношении их реактивности в ответ на изменения геомагнитного поля не выявило значимых взаимосвязей с Ар индексом по сравнению с исходным нефигурным сигналом ЭЭГ. Этот факт позволил предположить, что именно хаотическая нерегулярная составляющая ЭЭГ определяет реакцию организма на подпороговое интегральное воздействие со стороны геомагнитного поля.

Пространственная анизотропия хромосферных вспышек в королевской зоне пятен и векторные диаграммы бабочек в 11-летних циклах Солнца

Касинский В.В.

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

Проведен анализ собственных положений вспышек в группах пятен за 4 цикла солнечной активности (1935–1976 гг.). Вектор $R(\varphi, t)$ показывает среднее положение вспышек в системе координат группы пятен. Векторные диаграммы $R(\varphi, t)$ «широта-время» для циклов N17–20, построенные автором [1] по данным [2] выявляют новые свойства вспышечного процесса. Векторные диаграммы «бабочек» выделяют два типа направлений. Широтное смещение вспышек имеет «центростремительную» тенденцию, указывая на середину диаграммы, в направлении «линии Шперера». Центр векторной диаграммы оказывается выделенным вспышечным процессом. На линии Шперера $R = 0$ и возрастает по мере удаления групп пятен к периферии «бабочки». В случае внутреннего источника энергии (магнитное поле) распределение вспышек при усреднении по всем вспышкам и группам должно быть изотропным — $R(\varphi, t) = 0$. Фактически, вектор-диаграмма носит регулярный характер, $|R(\varphi, t)| > 0$. Можно предположить, что от эпицентра «бабочек» исходит некоторое возмущение вызывающее вспышки по достижении широты φ . Долготное смещение вспышек показывает противоположные E-W смещения на высоких и низких широтах. Благодаря дифференциальному вращению высокоширотные группы будут «отставать» от центрального возмущения, $\Delta\lambda > 0$, а низкоширотные — упреждать его, $\Delta\lambda < 0$. Противоположные E-W-смещения вспышек напоминает эффект аберрации: $\tan \varphi = \Delta V / C$, где C — скорость вспышечного «агента» а ΔV — разность скоростей групп на широте φ и φ_0 — широта центра диаграммы «бабочки». По эффекту аберрации определена скорость вспышечного «агента», 1–2 км / с.

[1] Kasinsky V.V. // Astronomical and astrophysical Transuctions, 1999, v. 17, issue 5, p. 341.

[2] Quarterly Bulletin on Solar Activity, Zurich, UNESCO, 1935–1976.

**Радиальная зависимость яркости солнечного диска
по наблюдениям затмения 31 мая 2003 года
с ИСЗ КОРОНАС**

**Катюшина В.В.¹, Писанко Ю.В.¹, Свидский П.М.¹,
Куимов К.В.²**

¹ФБГУ ИППГ

²МГУ ГАИШ

По данным регистрации 31 мая 2003 года приборами ВУСС и ДИФОС потока солнечного излучения на ИСЗ КОРОНАС при пролете спутника через зону затмения получены функции изменения яркости диска от центра к лимбу. Расчет на основе полученной зависимости потока от фазы затмения выполнен в приближении радиальной симметрии. Предложен и использован алгоритм, не требующий других ограничений на вид функции.

**Основные факторы, определяющие
характер активности солнечного типа**

Кацова М.М.¹, Лившиц М.А.², Мишенкина Т.В.³

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

²Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения
радиоволн им. Н.В.Пушкова(ИЗМИРАН), Троицк, Московская обл.
e-mail: maliv@mail.ru

³Астрономическая обсерватория Одесского национального
университета, Одесса, Украина e-mail: tmishenina@ukr.net

Для развития представлений о характере активности солнечного типа мы проанализировали данные о поздних карликах вместе с наблюдениями лития в их атмосферах. Работа основана на спектральных наблюдениях 150 поздних звёзд. Получено, что обилие лития A(Li) уменьшается в соответствие с классической теорией эволюции лития. Обнаружено, что только для звёзд в узком интервале эффективных температур $5200 < T_{\text{eff}} < 5700$ К существуют достаточно высокие корреляции между A(Li), скоростями вращения и уровнем хромосферной активности. Поскольку содержание Li чувствительно к глубине конвективной зоны — первичный Li истощается, когда нижняя граница конвективной зоны достигает слоёв с температурой плазмы 2–2.5 МК, у звёзд именно в этом

интервале T_{eff} обилие Li уменьшается. $A(\text{Li})$ у этих звёзд определяется возрастом (вращением) и спектральным классом (глубиной конвективной зоны), поэтому обнаруженный эффект свидетельствует, по-видимому, о том, что характер активности различен у звёзд главной последовательности горячее и холоднее Солнца. Это подтверждает высказанную нами ранее гипотезу о зависимости активности от глубины конвективной зоны. Отсюда следует, что масштабы магнитных полей и другие характеристики активности более тесно связаны именно с глубиной конвективной зоны, чем с общепринятым представлением об учёте влияния турбулентной конвекции путём введения числа Россби. Одновременный анализ данных об активности и содержании Li позволяет построить диаграмму «хромосфера-корона» для всех уровней активности от солнечного до насыщения и дать новую общую оценку возраста поздних карликов по содержанию Li и активности.

**Субсекундные колебания во вспышке 10 августа
2011 года по наблюдениям на РАТАН-600 и Сибирском
Солнечном Спектрометре диапазона 4-8 ГГц**

**Кашапова Л.К.¹, Тохчукова С.Х.², Жданов Д.А.¹,
Богод В.М.²**

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

² *СпбФ САО РАН, г. Санкт-Петербург, Россия*

Мы представляем результаты исследования механизма генерации субсекундных колебаний во время солнечной вспышки класса C2.4. Событие произошло 10 августа 2011 года в активной области 11263 вблизи западного лимба с максимумом в 9:35 UT. Важной особенностью наблюдений данных всплесков является то, что они были зарегистрированы одновременно на РАТАН-600 и спектрометре Радиоастрофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН.

Проведено сравнение временных изменений микроволнового излучения с изменениям рентгеновского излучения по данным КА FERMI.

Исследование, проведенное с использованием параметров плазмы полученных из рентгеновских спектров и моделирования гиротронного излучения указывает на то, что зарегистрированное как микроволновое, так и рентгеновское излучение генерировалось высокотемпературным источником ($T > 30$ МК).

Полученные результаты сравниваются с существующими теоретическими моделями, и обсуждается наиболее вероятный механизм возбуждения зарегистрированных субсекундных колебаний.

Солнечное динамо: наблюдаемые проявления основных эффектов и численные модели

Кичатинов Л.Л.

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

Главная астрономическая обсерватория РАН, Пулково

Корреляция полярного поля в минимумах активности с амплитудой последующих максимумов, а также оценки α -эффекта теории динамо по данным каталогов солнечных пятен, говорят о присутствии двух основных эффектов $\alpha\Omega$ -динамо на Солнце. Новейшие модели $\alpha\Omega$ -динамо хорошо воспроизводят регулярно повторяющиеся характеристики солнечных циклов. Нерегулярности солнечных циклов связывают с флуктуациями α -эффекта. Амплитуду и характерную продолжительность таких флуктуаций можно оценить по данным о солнечных пятнах. Учет флуктуаций с определенными таким образом параметрами в моделях динамо приводит к нерегулярной долговременной модуляции магнитных циклов. Такое поведение может служить моделью глобальных минимумов солнечной активности.

Критические графы магнитограмм вспышечных активных областей

Князева И.С., Макаренко Н.Г.

*Главная (Пулковская) Астрономическая Обсерватория РАН,
Санкт-Петербург, e-mail: iknyazeva@gmail.com*

В докладе описывается граф, характеризующий топологическую сложность магнитного поля в Активной Области (АО). Он построен на множестве Морсовских максимумов и минимумов наблюдаемой компоненты поля по магнитограмме АО. Чтобы избежать вычисления производных цифрового изображения мы используем диффузию изображения в рамках Scale-Space концепции. Другими словами, свертка изображения с ядром Гаусса на компакте приводит к задаче Неймана для уравнения теплопроводности. Роль времени в этом подходе играет ширина сглаживающего ядра. Тогда, разности двух размытых изображений позволяет получить корректную оценку лапласиана, без численного дифференцирования. Лапласиан позволяет построить ациклический граф, соединяющий

минимумы с ближайшими точками максимума. Он является устойчивым относительно искажений и шумов. Мы используем критический граф [1] для описания предвспышечной динамики магнитного поля АО.

- [1] Steve Gu, Ying Zheng, Carlo Tomasi // The 11th European Conference on Computer Vision (ECCV2010), Hersonissos, Heraklion, Crete, 2010

Вековые циклы солнечной активности

Крамынин А.П.¹, Мордвинов А.В.²

¹ Уссурийская астрофизическая обсерватория ДВО РАН, Уссурийск,
e-mail: kratynin@utl.ru

² Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск,
e-mail: avm@iszf.ru

Методом разложения реконструированного ряда чисел пятен S_n за 11400 лет по естественным ортогональным функциям исследованы долговременные вариации вековых циклов солнечной активности.

Установлено, что первые три компонента разложения описывают более 98% всех особенностей вариаций S_n , причем первый компонент разложения имеет вклад около 92%. По форме первой координатной функции разложения установлена усредненная форма векового цикла, имеющего продолжительность 88 лет, а по сопряженной с ней временной функции выявлены квазипериодичности модулирующие вековой цикл. Модулирующие вековой цикл квазипериодичности совпадают с некоторыми различиями с квазипериодичностями, наблюдаемыми в спектре ряда S_n .

Второй и третий компонент разложения с вкладами около 4% и 2% соответственно описывают изменение формы вековых циклов и ее вариации во времени.

Определение эффективности образования нечетного азота в полярной атмосфере в условиях повышенной ионизации на основе анализа спутниковой информации и фотохимического моделирования

Куколева А.А., Криволицкий А.А.

ЦАО, г. Долгопрудный

Воздействия энергичных заряженных частиц в период после солнечных протонных вспышек (СПВ) приводит к образованию в атмосфере атомарного азота в основном и возбужденном состояниях. Теоретические оценки [Porter et al., 1976] показали, что всего на каждую пару ионов O_2 образуется молекулы окисла азота NO , которые, в свою очередь, инициируют каталитические циклы, разрушающие атмосферный озон. Образование окислов азота зависит от пропорции, в которой образуются атомы $N(2D)$ и $N(4S)$. Оценка этой пропорции — важная задача численного моделирования. Попытка решить эту задачу (найти долю атомов азота в состоянии $N(2D)$, обозначаемую далее k_p) была осуществлена с помощью одномерной нестационарной фотохимической модели (фотохимический блок включает 136 фотохимических реакций для 51 нейтральных компонент, включающих азот $N(2D)$ и $N(4S)$, на высотах 0-90 км; учтена вертикальная диффузия). Сценарий моделирования соответствовал условиям полярных широт северного полушария в период после СПВ 14.07.2000. Для этого периода и района в сети интернет доступны данные наблюдений о концентрации NO со спутника NASA UARS (ENVISAT) (измерения концентрации именно атомарного азота отсутствуют). Таким образом, в качестве критерия выбора коэффициента k_p можно рассмотреть соответствие результатов моделирования изменений NO данным наблюдений. В качестве исходного невозмущенного профиля концентрации NO (начальное условие) в модели был использован усредненный по полярной шапке профиль, полученный по данным UARS до начала вспышки. Скорость ионизации атмосферы в период вспышки, необходимая для расчетов, была получена с использованием данных спутника GOES-10 о потоках солнечных протонов в отдельных энергетических каналах по методике [Vitt F.M., 1996]. Результаты моделирования показали увеличение с высотой эффективности образования $N(2D)$ от 0.7 до максимального значения 1,25 в слое 40-90 км. Такая зависимость k_p от высоты может быть следствием различий фотохимических реакций, протекающих в разных слоях мезосферы.

**Численное моделирование глобальных изменений
температуры и ветра, вызванных вариациями УФ
радиации Солнца в 23-ем цикле его активности**

Криволицкий А.А., Черепанова Л.А.

ЦАО, г. Долгопрудный

Представлены результаты трехмерного моделирования воздействия колебаний УФ радиации Солнца в 23-ем цикле его активности на глобальную циркуляцию и температурный режим атмосферы Земли. При моделировании были учтены очень низкие значения потоков ультрафиолетовой радиации, зафиксированные по наблюдениям со спутников в 23-ем цикле активности. Изменения потоков УФ радиации в различных спектральных интервалах, поглощаемые молекулярным кислородом и озоном, были введены в радиационные блоки модели общей циркуляции атмосферы (0–135 км). При реализации численного сценария на нижней границе модели было учтено воздействие стационарных планетарных волн (волновые числа: 1,2,3), а также воздействие внутренних гравитационных волн. Результаты моделирования показали, что при выбранных по спектру значениях вариаций УФ радиации значимые (несколько град. К) колебания температуры существуют в тропосфере, причем температурные возмущения имеют незональную структуру. Таким образом, реализация данного сценария показала, что крупномасштабные волны в атмосфере могут играть важную роль при передаче солнечно-обусловленного сигнала в нижние слои земной атмосферы.

**Вероятностные характеристики основных компонент
короны спокойного Солнца и расчет экваториального
распределения яркости в диапазоне волн 1–100 см**

Криссинель В.Б.

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

Предложены модель атмосферы спокойных участков Солнца, соответствующая излучению на волнах от 1 см до 1 м, и методика расчета яркости многокомпонентной атмосферы. Модель представлена совокупностью ранжированных по размерам петель, спикул и свободного вещества. Вероятностные характеристики компонент атмосферы находятся итерационным способом по результатам сравнения расчетного экваториального распределения яркости с экспериментальными данными. В модели 10 петель

с радиусами r_L от 3200 км до 210000 км, высотой начала корональной части 2300 км, базовыми давлениями – около $2.5 \cdot 10^{-7}$ дин·см⁻² число петель каждого типа на площади $2r_L \cdot 2r_L$ равно в среднем 7. Спикюлы ранжированы по высотам от 400 км до 11000 км, плотность электронов спикул – $60 \cdot 10^9$ см⁻³, температура – 20000 К, относительные площади – от 0.001 до 0.05. Впервые получено хорошее согласие теоретического распределения яркости с наблюдательными данными в широком диапазоне волн.

Экспериментальное исследование экваториального распределения яркости спокойного Солнца по данным ССРТ

**Криссинель Б.Б., Анфиногентов С.А., Кочанов А.А.,
Просовецкий Д.В.**

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

В работе проведено исследование формы радиального распределения яркости на волне 5.2 см по наблюдениям Сибирского солнечного радиотелескопа, что является важным этапом проверки теоретических оценок вероятностных характеристик компонент атмосферы спокойных участков Солнца. Для получения радиального распределения радиояркости спокойного Солнца, а также исключения влияния диаграммных эффектов и повышения чувствительности, использовался автоматический алгоритм обработки данных ССРТ с привлечением большого числа радиоизображений за период 2010-2011г. Восстановление истинного распределения радиояркости по диску Солнца из первичных данных ССРТ выполнено посредством гибридного метода деконволюции радиоизображений Солнца, который основан на современной модификации нелинейного алгоритма MS-CLEAN. Полученное экваториальное распределение яркости достаточно хорошо согласуется с теоретическим в области лимба. Обсуждаются эффекты, обусловленные яркими корональными точками, а также методикой калибровки данных на солнечных интерферометрах.

**К вопросу о влиянии климатических факторов на
отношение содержания космогенного изотопа С-14 к
содержанию стабильного изотопа С-12 в атмосфере
Земли в прошлые эпохи**

**Кудрявцев И.В.^{1,2}, Дергачев В.А.¹, Наговицын Ю.А.²,
Огурцов М.Г.^{1,2}, Юнгнер Х.³**

¹ *Физико-Технический институт им. А.Ф.Иоффе РАН,
Санкт-Петербург, e-mail: igor.koudriavtsev@mail.ioffe.ru*

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

³ *Университет г. Хельсинки, Хельсинки, Финляндия.*

Космогенные изотопы Ве-10 и С-14 образуются в атмосфере Земли под действием проникающих в неё галактических космических лучей (ГКЛ). Образовавшиеся изотопы Ве-10 осаждаются и накапливаются в ледниках полярных зон. Изотопы С-14 после образования в атмосфере участвуют в разнообразных обменных процессах между природными резервуарами, поглощаются в составе углекислого газа растениями и откладываются в годовичных кольцах деревьев. Солнечная активность (СА) влияет на скорость образования этих изотопов, что обусловлено модуляцией интенсивности ГКЛ изменяющимся во времени гелиосферным магнитным полем. Поэтому изучение вариаций содержания этих изотопов в природных архивах помогает исследовать изменение СА в прошлые века. Однако, как искажающий фактор, на содержание этих изотопов в естественных архивах оказывают влияние и климатические изменения, происходившие в прошлом.

В докладе приводятся результаты модельных расчетов генерации изотопа С-14 в атмосфере и его относительного содержания в промежуток времени 1500–1800 гг. с учетом климатических изменений. Этот промежуток времени включает в себя Маундеровский минимум солнечной активности, а также значимые изменения содержания углекислого газа в атмосфере и глобальной температуры. Показано, что учет климатических изменений является важным условием для восстановления СА в прошлом на основе данных по космогенным изотопам. Работа поддержана программой совместных работ РАН и Академии наук Финляндии (проект 16) и частично грантами РФФИ №10-02-00391, НШ-1625.2012.2, программами ПРАН № 21 и 22, ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России».

**Пространственная динамика наклона спектра
ускоренных электронов по данным жесткого
рентгеновского и радиоизлучений в событии
14 марта 2002 года**

Кузнецов С.А.^{1,2}, Мельников В.Ф.²

¹ ФГБНУ НИРФИ, Нижний Новгород,
e-mail: kuznetsov@nirfi.sci-nnov.ru

² ГАО РАН, Санкт-Петербург, e-mail: v.melnikov@gao.spb.ru

Методы изображающей радио и рентгеновской спектроскопии позволяют получить новую информацию о процессах ускорения и распространения энергичных электронов в солнечных вспышечных петлях. С этой целью в настоящей работе исследованы данные наблюдений микроволнового и жесткого рентгеновского (ЖРИ) излучений, полученные с помощью радиогелиографа Нобеяма и спутника RHESSI для события 14 марта 2002. Проведен сравнительный анализ динамики наклона частотного спектра радиоизлучения между частотами 17 и 34 ГГц и наклона нетепловой части энергетического спектра ЖРИ в различных частях вспышечной петли — в вершине и вблизи оснований. Показано, что наклон частотного спектра радиоизлучения между частотами 17 и 34 ГГц уменьшается как на фазе роста, так и фазе спада микроволнового всплеска, стремясь к нулю на фазе спада. Поведение наклона энергетического спектра ЖРИ носит другой характер: его уменьшение на фазе роста сменяется увеличением на фазе спада (поведение типа «Soft-Hard-Soft»). Данное поведение характерно для всех частей вспышечной петли.

Полученные базовые характеристики вспышечных петель (размер, ориентация, характеристики инжекции электронов и др.) использованы для моделирования динамики распределений энергичных электронов и радиоизлучения в петле для различных параметров модели (концентрация плазмы, магнитное поле в основаниях петли, тип питч-угловой анизотропии) на основе методов расчета, развитых в работах [1-4]. Найдены параметры модели, при которых динамика наклона частотного спектра рассчитанного радиоизлучения наиболее точно соответствует наблюдаемой.

- [1] Мельников В.Ф., Горбиков С.П. // Математическое моделирование, 2007, т. 19, с. 112.
- [2] Reznikova V.E., Melnikov V.F., Shibasaki K. et al. // Astrophysical Journal, 2009, V.697, p.735.
- [3] Simoes P., Costa J. // Solar Physics, 2010, v. 266, p. 109.

**Проект интерференционного спектрографа
с разрешающей силой больше миллиона
для области спектра 0.6-1.1 мкм**

Кулагин Е.С.

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

На основе ранее предложенной схемы интерференционного солнечного спектрографа [1] разработан проект такого спектрографа для области спектра 0.6-1.1 мкм. Обычный для спектрографа вид спектра при высоком спектральном разрешении эталона Фабри-Перо достигается выравниванием угловых дисперсий дифракционной решетки и эталона. Яркость получаемого участка спектра многократно повышена за счет свободного входа лучей от решетки в промежуток между пластинами эталона. Спектрограф работает при нормальной ширине входной щели.

Относительное отверстие спектрографа взято равным 1/50. Фокусные расстояния коллиматора и камеры 4 м. В спектрографе используется небольшая дифракционная решетка с частотой нарезки 1200 штр/мм. При используемом угле дифракции на решетке 85° линейная дисперсия составляет 5.5 мм/Å. Применяется эталон Фабри-Перо с воздушным промежутком между пластинами в 20 мм. При «резкости» колец эталона равной 30 теоретическая разрешающая сила спектрографа равна 2.0×10^6 в области спектра 0.6 мкм и 1.1×10^6 в районе 1.1 мкм. Одновременно наблюдаемый участок спектра, соответствующий области выравнивания дисперсий решетки и эталона с необходимой точностью, на краях рабочей области спектра составляет около 5 Å. В центральной зоне рабочей области спектра область выравнивания дисперсий значительно больше.

Такой спектрограф может быть использован, например, для отождествления и изучения узких молекулярных линий в спектре тени солнечных пятен. В настоящее время для этой цели на обсерватории Кит-Пик используется фурье-спектрометр высокого разрешения [2] и [3]. Положительными отличиями разработанного спектрографа от фурье-спектрометра являются обычный вид спектра, не требующий обработки интерферограмм, и большее спектральное разрешение. Исследование контуров теллурических линий так же может стать важным применением разработанного спектрографа.

- [1] Кулагин Е.С. // АЖ, 1980, т.57, в.1, с.200.
- [2] Jennings, D.E., Hubbard, R., Brauld, J.W. // Appl. Opt., 1985, v.24, p. 3438.
- [3] Karthikeyan, B.; Rajamanickam, N.; Bagare, S.P. // Solar Phys., 2010, v.264, p. 279.

**Квазипериодическая пространственная динамика
источника микроволнового излучения
солнечной вспышки**

Куприянова Е.Г.¹, Мельников В.Ф.^{1,2}, Ji H.³

¹ Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,
Санкт-Петербург, e-mail: elenku@bk.ru

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

³ Purple Mountain Observatory of CAS, Nanjing, China

На основе анализа данных Радиогелиографа Нобеля и спутника RHESSI обнаружена квазипериодическая динамика пространственной структуры источника излучения солнечной вспышки 3 июля 2002 г. Установлено, что временные профили изменения расстояния между двумя источниками и временные профили потоков микроволнового излучения характеризуются наличием похожих квазипериодических пульсаций с периодом порядка 30 с. Наблюдается сходство Фурье спектров микроволнового излучения с Фурье спектрами рентгеновского излучения в диапазоне 6–12 keV. В ходе пульсаций рост потока микроволнового излучения из северного источника (а также интегрального, пространственно неразрешённого сигнала) сопровождается уменьшением расстояния между источниками. И наоборот, спад потока соответствует отдалению источников друг от друга. Вместе с данными о пространственной локализации источников квазипериодических пульсаций [1], полученная взаимосвязь временных профилей хорошо согласуется с представлением о вертикальных кинк осцилляциях одиночной вспышечной петли на основном тоне.

- [1] Kupriyanova E.G., Melnikov V.F., Shibasaki K. // Solar Physics, 2012 (accepted)

Эффекты от мощных вспышек на обратной стороне Солнца

Лившиц М.А.¹, Кашапова Л.К.², Выборнов В.И.¹

¹ *Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова (ИЗМИРАН), Троицк, Московская обл.
e-mail: maliv@mail.ru*

² *Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск*

Обсуждаются результаты наблюдений двух вспышек, произошедших примерно на 40 градусов за видимым с Земли лимбом Солнца. Вспышки 27 и 14 октября 2002 г. наблюдались в диапазоне более 30 кэВ с околомарсианской орбиты аппаратурой HEND, разработанной в ИКИ РАН и установленной на космическом аппарате Mars-Odyssey. Эти данные анализируются совместно с результатами рентгеновских и радионаблюдений с околоземных орбит и с Земли. После мощной вспышки 27 октября 2002 г. на RHESSI в диапазоне до примерно 40 кэВ был зарегистрирован протяженный источник. По характеристикам рентгеновского излучения определен спектр электронов, ответственных за рассматриваемые излучения в рамках толстой мишени для наблюдений с околомарсианской и тонкой мишени — с околоземной орбиты. По обоим случаям показано, что после мощных вспышек на обратной стороне Солнца, кроме быстрого СМЕ, земной наблюдатель может последовательно регистрировать два источника в мягком рентгеновском и радиодиапазоне. Первый источник связан с приходом ускоренных электронов в большой петле, выбрасываемой в ходе СМЕ. Пучки электронов с энергиями в десятки кэВ быстро распространяются в нижней короне до расстояний, сравнимых с солнечным радиусом. При этом поток частиц ослабляется примерно на 2 порядка, и их спектр становится заметно мягче. Это дает возможность изучить диффузию ускоренных частиц в короне, вызываемую их рассеянием на неоднородностях магнитного поля. Второй источник, вероятно, связан с выходом из-за края Солнца ударной волны. Одним из подтверждений разной природы этих двух источников является сильное различие эволюции их радиопотоков в диапазоне 1-4 ГГц. Изучение этих новых эффектов от вспышек за лимбом позволит развить представления о характере распространения ускоренных частиц в нижней короне и связи процессов ускорения с быстрыми СМЕ.

**Магнитные поля в лимбовой вспышке 19 июля
2012 года: спектрально-поляризационные наблюдения
и теоретическая модель**

Лозицкий В.Г.¹, Лозицкая Н.И.¹, Соловьев А.А.²

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

² *Главная астрономическая обсерватория РАН, г.
Санкт-Петербург, Россия, e-mail: solov@gao.spb.ru*

Лимбовая солнечная вспышка 19 июля 2012 г. балла М7.7 была связана с заходящей активной областью NOAA 1520, имевшей большое пятно (~ 50 Мм) с магнитным полем около 2500 Гс. По данным GOES, максимум рентгеновского излучения вспышки на 1–8 Å был примерно в 6:00 UT. Вспышка было довольно медленной — фаза роста излучения в рентгене длилась 1 час 40 мин, а спада — более 4 часов. Из гелиограмм космической обсерватории SDO на длинах волн 171 и 211 Å следует, что практически с самого начала вспышки на лимбе возникла яркая аркада, вершина которой светила наиболее ярко и поднималась со средней скоростью 4–5 км/сек. Зееман-спектрограммы этой вспышки получены на эшелъном спектрографе АО КНУ в 6:45:50 UT, когда вершина арки поднялась на высоту 40 Мм. Измерения магнитного поля в вершине арки выполнены по линии H_{α} . Оказалось, что величина измеренного магнитного поля существенно меняется по профилю линии, достигая максимальных значений около 800 Гс на расстоянии 300–400 мÅ от центра линии и примерно 100 Гс — на расстояниях больше 600 мÅ, что указывает на неоднородность магнитного поля в области вспышки. При этом усредненное (эффективное) магнитное поле, измеренное по смещению «центров тяжести» профилей $I+V$ и $I-V$, составляло «лишь» 200 Гс, что, однако, является весьма высоким значением для высоты 40 Мм. Предложена теоретическая модель, объясняющая наблюдаемые данные в предположении наличия более слабого (50–100 Гс) внешнего магнитного поля и умеренной скрученности силовых линий непосредственно в светящемся объеме вспышки.

Развитие 23 солнечного цикла в потоках солнечного ветра от стримеров

Лотова Н.А., Обридко В.Н.

*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения
радиоволн им. Н.В. Пушкова, Россия, 142090, Московский регион,
г. Троицк, e-mail: obridko@mail.ru*

Изучается взаимосвязь потоков солнечного ветра с их источниками в солнечной короне. Исследования основаны на радиоастрономических экспериментах по просвечиванию межпланетной среды в близких к Солнцу областях, $R \leq 70R_s$. Взаимосвязь потоков солнечного ветра с источниками устанавливается на основе корреляционной зависимости:

$$R_{in} = F(|B_R|),$$

где $R = 2.5R_s$, R_{in} — звуковая точка солнечного ветра, $|B_R|$ — напряженность магнитного поля в солнечной короне, в точке, сопряженной с положением звуковой точки солнечного ветра R_{in} . Корреляционная зависимость $R_{in} = F(|B_R|)$ распадается на дискретные ветви — типы потоков солнечного ветра. В 23 солнечном цикле установлено существование 11-ти различных типов потоков солнечного ветра. Среди этих потоков только одна компонента наблюдается во все годы 23 цикла. Эта компонента солнечного ветра связана в солнечной короне со стримерами. В результате оказалось возможным изучить необычное развитие солнечной активности, в 23 цикле по компоненте солнечного ветра, которая в солнечной короне определяется напряженностью магнитного поля $|B_R|$ в стримерах. Экспериментальные данные о положениях звуковой точки R_{in} в потоках солнечного ветра от стримеров позволяют изучить общую картину ежегодной временной динамики масштабов магнитного поля стримеров во взаимосвязи с пространственным положением трансзвуковой области солнечного ветра.

Эффект высокоскоростных потоков солнечного ветра в геомагнитном поле полярных областей Земли

Лукьянова Р.Ю.¹, Мурсула К.², Козловский А.³

¹ *Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, e-mail: renata@aari.nw.ru*

² *Университет Оулу, Оулу, Финляндия,
e-mail: kalevi.mursula@oulu.fi*

³ *Геофизическая Обсерватория Соданкюля, Соданкюля, Финляндия,
e-mail: alexander.kozlovsky@oulu.fi*

Выявлен геомагнитный эффект высокоскоростных потоков солнечного ветра (ВСП СВ) в полярных областях Земли; определена токовая система, продуцирующая наблюдаемый эффект; выделены годы экстремальных ВСП и предложен способ реконструкции скорости СВ в допутниковую эру, точность которой превышает предыдущие реконструкции, основанные на среднеширотном aa индексе. Показано, что исключительно интенсивные ВСП СВ в 2003 г. были причиной усиления западного аврорального электроджета (WEJ) и возмущения его спокойного уровня. Эффект экстремального возмущения WEJ проявился в виде нарушения обычно гладкого и медленно меняющегося векового хода вертикальной компоненты геомагнитного поля в полярных шапках обоих полушарий. Подобный, но более слабый эффект в вековом ходе выделен и для других лет ВСП на фазе спада предыдущих солнечных циклов. Анализ наиболее длинных существующих рядов геомагнитных наблюдений в высоких широтах (полярная obs. Годхавн и авроральная obs. Соданкюля) показал, что экстремальное событие в солнечном ветре, аналогичное по мощности событию 2003 г., произошло в 1952 г., т.е. около 60 лет назад на спаде солнечного цикла 18, за которым следовал цикл, имеющий самую высокую амплитуду в солнечных пятнах. Такая эволюция активности соответствует солнечному магнитному циклу, и теория солнечного динамо (эволюция полоидального и тороидального магнитного поля Солнца) получает экспериментальное подтверждение. В то же время особенности структуры ВСП в конце современного гранд-максимума свидетельствуют об импульсном характере солнечной активности при общем ослаблении магнитного поля.

Направленность жесткого рентгеновского и гамма излучений из вспышечной петли

Мельников В.Ф.¹, Чариков Ю.Е.², Кудрявцев И.В.^{2,1}

¹ Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,
Санкт-Петербург, e-mail: v.melnikov@gao.spb.ru

² Физико-технический институт РАН, Санкт-Петербург

Разные модели первичного энерговыделения и ускорения частиц предполагают разную локализацию области инжекции частиц во вспышечной петле и предсказывают резко отличающиеся пич-угловые распределения ускоренных электронов, инжектируемых во вспышечную петлю. Диагностика наличия поперечной или продольной анизотропии распределения электронов в конкретной вспышечной петле важна для выбора между альтернативными механизмами и моделями ускорения электронов. Одним из самых перспективных методов такой диагностики является исследование направленности микроволнового, жесткого рентгеновского (ЖРИ) и гамма излучений солнечных вспышек.

Целью настоящей работы является теоретический анализ свойств направленности ЖРИ и гамма излучений вспышечных петель для моделей с изотропной и поперечной инжекцией ускоренных электронов в вершину петли, а также их сравнение с соответствующими свойствами для моделей с продольной (вдоль поля) инжекцией электронов. За основу приняты распределения электронов, получаемые при решении нестационарного кинетического уравнения Фоккера-Планка. При моделировании предполагалось, что энергетическая часть функции распределения инжектированных электронов — степенная с набором значений показателя спектра: 3, 5 и 7. Рассматривались два варианта пробочного отношения в распределении магнитного поля: 2 и 5. В результате моделирования показано, в частности, что в случае изотропной инжекции излучение из вершины петли может проявлять достаточно высокую направленность. Отношение потока излучения поперек петли к потоку вдоль петли в диапазоне энергий от 50 до 200 кэВ может достигать величин от 1.5 до 4, соответственно. Установленные свойства направленности могут быть использованы для диагностики типа анизотропии ускоренных электронов.

Пространственное распределение яркости ЖРИ вдоль вспыхивающих петель

Мельников В.Ф.¹, Кудрявцев И.В.^{2,1}, Чариков Ю.Е.²

¹ Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,
Санкт-Петербург, e-mail: v.melnikov@gao.spb.ru

² Физико-технический институт РАН, Санкт-Петербург

Регистрация жесткого рентгеновского излучения солнечных вспышек с пространственным разрешением свидетельствует о его неоднородном распределении вдоль вспыхивающей петли. В последние годы с помощью КА RHESSI зарегистрированы источники с максимумами яркости не только в основаниях, но и в вершине петли, где плотность плазмы должна быть существенно меньше, чем в основаниях. Существующие модели ЖРИ сталкиваются с трудностями при интерпретации этого факта (Krucker et al 2008).

В настоящей работе данный факт объясняется в рамках модели неоднородной по магнитному полю корональной петли, в вершину которой инжектируются ускоренные электроны. Распределения электронов вдоль петли находятся путем решения нестационарного релятивистского кинетического уравнения в форме Фоккера-Планка. Рассмотрены два случая инжекции ускоренных электронов в вершине петли: 1) изотропная инжекция и 2) анизотропная вдоль оси петли, направленная в одно из оснований. Энергетическая часть функции распределения — степенная с набором значений показателя спектра: 3, 5 и 7. Распределение магнитного поля вдоль петли задавалось для двух вариантов пробочного отношения: 2 и 5. На основе рассчитанных функций распределения вычислена яркость ЖРИ вдоль оси петли для различных моментов времени. Для анизотропной инжекции электронов характерным является наличие мощного источника ЖРИ в основании петли, к которому направлен начальный поток электронов. Существенно другие пространственные распределения интенсивности ЖРИ получаются в случае изотропной инжекции электронов. Из-за эффекта накопления энергичных электронов в вершине вспыхивающей петли формируется яркий источник, который может быть виден наряду с источником из основания петли. По своим характеристикам этот источник в вершине петли похож на широко обсуждаемый корональный источник ЖРИ (см. Krucker et al. 2008).

Плотные корональные структуры над активной областью

Мерзляков В.Л.

ИЗМИРАН, Троицк, e-mail: mvl@izmiran.ru

Проведены модельные расчеты изменения плотности корональной плазмы при росте напряженности магнитного поля. Проанализирован вариант дрейфового движения с учетом дипольной и октупольной магнитных гармоник. Обнаружено, что дрейфовое движение приводит к возникновению плотных структур типа «петля» или «туннель». Появление того или иного типа зависит от величины отношения временных производных гармоник октупольной к дипольной. Плотности в таких структурах могут достигать значений $10^{11} - 10^{13} \text{ см}^{-3}$. Время их формирования от начала роста магнитного поля составляет ≈ 300 с при скоростях перемещения плазмы $\sim 100 \text{ км/с}$ на высотах $\sim 0.1 R_{\odot}$. Рассмотренный вариант изменения плотности дает картину аналогичную наблюдаемой над активной областью при вспышечном процессе [1],[2].

- [1] Hara H., Watanabe T., Harra L.K., Culhane J.L., Young P.R. // Astrophys. J., 2011, v. 741, p. 107.
- [2] Warren H.P., O'Brien C. M., Sheeley Jr., N.R. // Astrophys. J., 2011, v. 742, p. 92.

Геометрические свойства корональной нейтральной поверхности

Мерзляков В.Л., Старкова Л.И.

ИЗМИРАН, Троицк, e-mail: mvl@izmiran.ru

Проведено моделирование наблюдаемых структур корональных шлемов периода низкой активности Солнца в предположении, что они возникают от эффекта проекции на картинную плоскость плотного слоя. Сам слой расположен на поверхности смены знака радиальной компоненты магнитного поля (нейтральная поверхность) и эта особенность позволила определить ее геометрические свойства. Установлено, что нейтральная поверхность представляет собой регулярно деформированную структуру с долготным масштабом 60° , который оставался стабильным в течение $2/3$

солнечного цикла. Широтная амплитуда деформации уменьшается с расстоянием по степенному закону с показателем от -1.0 до -1.3 . Уменьшение также происходит с фазой солнечного цикла, составляя 20% в интервале фазы от ≈ 0.33 до ≤ 0.17 . Выявлен долготный сдвиг между северной и южной частями нейтральной поверхности, который, как правило, не превосходит 8° . Обнаружена дополнительная мелкомасштабная 10° деформация исследуемой поверхности с преимущественным смещением вдоль широты.

Fast magnetoacoustic waves in a scenario involving the coronal magnetic null point

Mészárosová H.¹, Dudík J.², Karlický M.¹, Madsen F.R.H.³,
Sawant H.S.³

¹*Astronomical Institute of the Academy of Sciences, CZ-25165 Ondřejov, Czech Republic, e-mail: hana@asu.cas.cz, karlicky@asu.cas.cz*

²*Dept. of Astronomy, Physics of the Earth and Meteorology, Faculty of Mathematics, Physics and Informatics, Comenius University, SK-842 48 Bratislava, Slovak Republic, e-mail: dudik@fmph.uniba.sk*

³*National Space Research Institute (INPE), Ave. dos Astronautas 1758, 1221-0000 São José dos Campos, SP, Brazil, e-mail: frhmadsen@gmail.com, sawant@das.inpe.br*

We analyze the 26 November 2005 solar radio event observed interferometrically at frequencies of 244 and 611 MHz by the Giant Metrewave Radio Telescope (GMRT). Using the SoHO/MDI observations and potential magnetic field extrapolation we demonstrate that the radio sources are located in the fan structure of magnetic field lines starting from a coronal magnetic null point. Wavelet analysis of the light curves of the radio sources detects wavelet tadpoles indicating a presence of the fast magnetoacoustic wave trains that propagate in the fan structure of the coronal magnetic null point. We estimate the plasma parameters in the studied radio sources which are in a good agreement with the presented scenario involving the coronal magnetic null point.

Свойства асимметрии широтных распределений солнечных пятен

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

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

По данным расширенного Гринвичского каталога за 1874-2011 годы исследованы свойства широтных распределений солнечных пятен, связанные с асимметричностью.

Результаты проведенного анализа указывают на присутствие значимой асимметрии в большинстве годовых широтных распределений пятенного индекса, при этом их асимметрия возрастает вблизи фазы максимума 11-летнего цикла. Увеличение числа групп пятен также сопровождается ростом асимметричности. В частности, при высоких значениях пятенного индекса число групп, находящихся ниже средней широты, в большинстве случаев превышает число групп выше этой широты, причём величина этого дисбаланса возрастает при увеличении общего уровня пятенной активности.

В средних и больших 11-летних циклах средняя за цикл асимметрия распределений всегда положительна, а ее величина оказывается тесно связанной с амплитудой цикла.

Свойства магнитных облаков и их влияние на развитие геомагнитных бурь

Минасянц Г.С., Минасянц Т.М.

*НЦКИТ ДТОО «Астрофизический институт им.В.Г.Фесенкова»,
Алматы, e-mail: gennadii_minasya@mail.ru, tamara@aphi.kz*

Для выяснения физических и структурных свойств магнитных облаков (МО) и их влияния на развитие геомагнитных бурь, использовались данные солнечных космических аппаратов SOHO, ACE, WIND с привлечением наблюдений на геомагнитных станциях.

Отождествлены активные области на Солнце, предположительно связанные с районами образования МО. Установлено, что вероятность возникновения МО наибольшая в активных областях самых сложных магнитных структур — **BG**-35% и **BGD**-62%. Для плазмы МО характерно наличие повышенных значений концентрации α -частиц, вплоть до $N_\alpha = 10\text{см}^{-3}$ и их относительного содержания до $N_\alpha/N_P = 0.4$.

МО являются геоэффективными структурами солнечного ветра: 83% из числа, принятых к рассмотрению МО, оказали влияние на возникновение и развитие геомагнитных бурь. Установлено, что при наличии Shock, положение минимальных значений вертикальной компоненты межпланетного магнитного поля — Bz^{min} распределяются почти поровну в области Sheath и МО, а в их отсутствии — подавляющее преимущество имеют МО. Максимальное развитие магнитной бури происходит, в основном, во время прохождения магнитного облака. При этом время задержки Dst^{min} относительно Bz^{min} составляет в среднем 4 часа.

Метод пробного слоя в расчете функций вклада и отклика

Можаровский С.Г.

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

Рассматривается метод пробного слоя, когда алгоритм вычисляющий профили линий в тонком слое модели фотосферы подменяет значение выбранного физического параметра. Перемещая пробный слой по высоте в фотосфере и сравнивая каждый раз профиль линии с эталонным профилем в общем случае получаем функцию отклика (RF) — данный метод известен [1].

В настоящей работе показано, что некорректная, слишком большая величина изменения тестового параметра приводит к нелинейности — к зависимости полученных функций отклика от толщины пробного слоя. Это существенно искажает представление о диапазоне глубин, в которых образуется данный физический параметр.

Если в качестве тестового параметра взять отношение коэффициентов селективного и непрерывного поглощения в центре линии η_0 и приравнять его нулю в пробном слое (Probe Layer), то мы естественным образом переходим к функциям вклада (Contribution Functions) полученным с помощью метода пробного слоя — CFPL. CFPL просты для понимания благодаря способу их вычисления, в общем случае они пропорциональны коэффициенту поглощения в линии и разности функции источника на границах слоя $CFPL \sim \eta_0 * \Delta S$. При вычислении CFPL учитывается и поглощение и излучение, благодаря чему по глубине образования CFPL оказываются промежуточными между функциями вклада в эмиссию и функциями вклада в депрессию — это демонстрируется на примере.

При составлении вычислительного алгоритма важным моментом является принудительная остановка шага интегрирования в точности на границах пробного слоя.

Отмечены полезные свойства CFPL — эти функции вклада универсальны благодаря тому, что они могут сочетаться с любым из наблюдательных приборов, действующих на основе анализа профилей линий. Они подходят для обработки наблюдений эквивалентных ширин, магнитографического сигнала, бисекторов линий и т.д.. В дальнейшем предполагается провести массовые измерения глубин и диапазонов глубин образования спектральных линий с помощью CFPL.

[1] Wittmann A. // Solar Physics, 1974, v. 35, p. 11-29.

Расчет профилей Стокса для моделей тени и фотосферы Солнца — структуры данных и виды расчетов программы SunWorld

Можаровский С.Г.

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

Для изучения процессов образования линий в солнечной фотосфере — в спокойных областях и в областях тени и полутени пятен в Уссурийской Астрофизической обсерватории разработан многоцелевой программный комплекс SunWorld. Его основу составляют алгоритмы, подобные алгоритмам MALIP [1] и SPANSAT [2] и алгоритмам LINEAR [3].

В настоящей статье приводятся структура и особенности программного комплекса SunWorld — та не связанная с алгоритмами часть программы, которая позволяет организовать эффективную работу.

Описана структура данных комплекса SunWorld, которая состоит из следующих составных частей:

- Совокупность данных обо всех атомах.
- Списки линий и списки сил осцилляторов
- Распределения физических параметров с глубиной в фотосфере.
- Многомерная матрица параметров расчета — структура «Вариатор».
- Список посчитанных профилей Стокса.
- Система управления проектами.

Описаны типовые виды расчетов, на которые настроен комплекс. Основные из них это:

- Расчет профилей Стокса для сетки значений входных параметров
- Расчет для участка длин волн.
- Расчет для списка линий, выбранных из базы данных
- Режим расчета профилей слой за слоем
- Расчет физических величин для разных глубин фотосферы. Анализ моделей фотосферы
- Расчет газового и электронного давлений по заданному распределению температуры
- Вычисление глубин образования интенсивностей, лучевых скоростей, напряженности поля в линиях
- Диалоговый подбор параметров при расчете профилей Стокса

- [1] Landi degl’Innocenti, E. // Astronomy and Astrophysics Supplement Series, 1976, v. 25, p. 379-390.
- [2] Гадун А.С., Шеминова В.А. // Препр. ИТФ АН УССР. 1988 ИТФ-88-87Р 37 с. 1085.
- [3] Auer L.H., Heasley J.N., Milkey R.W. // Kitt Peak Natl. Obs. Contr. No 555. 1972, Tucson: Kitt Peak National Observatory.

О роли теплоемкости океана в отклике тропосферы на вариации солнечной и геомагнитной активности

Молодых С.И.

ИСЗФ СО РАН, Иркутск, e-mail: sim@iszf.irk.ru

Проведенный анализ отклика различных слоев тропосферы на солнечную и геомагнитную активность показал, что величина отклика возрастает при увеличении временного масштаба, а пространственное распределение вариаций температуры связанных с геомагнитной активностью на временных масштабах от 1 года до 100 лет изменяется незначительно. Значительная часть наблюдаемых вариаций температуры с периодами меньше 5 лет не связана с геомагнитной активностью, в то время как, на больших временных масштабах преобладают вариации, связанные с геомагнитной активностью.

Согласно модели влияния солнечной и геомагнитной активности на климатическую систему, ранее предложенной авторами, основное накопление энергии, обусловленное влиянием солнечной активности, происходит в подстилающей поверхности. В настоящей работе изучался отклик климатической системы на интегральные характеристики геомагнитной активности (накопленная сумма АА-индекса геомагнитной активности). Эта характеристика в первом приближении учитывает значительную теплоемкость океана на временных масштабах меньших, чем время установления равновесия.

Показано, что большая часть изменения глобальной температуры в XX веке может быть обусловлена интегральным эффектом геомагнитной активности (в период с 1880 по 2010 год коэффициент корреляции выше 0.9 на временных масштабах больше 5 лет).

Диагностика параметров вспышечных петель по наблюдаемому спектру и степени поляризации микроволнового излучения

Моргачев А.С.¹, Мельников В.Ф.^{1,2}

¹ ФГБНУ НИРФИ, Нижний Новгород, e-mail: a.s.morgachev@mail.ru

² ГАО РАН, Санкт-Петербург

Работа посвящена поиску и разработке метода численного решения обратной задачи для определения параметров вспышечных петель и ускоренных нетепловых электронов по наблюдаемому спектру и степени поляризации микроволнового излучения.

Подгонка характеристик расчетного радиоизлучения под наблюдаемое сводится к решению системы уравнений. В правой части каждого уравнения стоит рассчитываемый поток или степень поляризации радиоизлучения на фиксированных частотах для данного набора восстанавливаемых параметров, а в левой — поток или степень поляризации наблюдаемого излучения. Для определения характеристик ГС излучения в данной работе использовалась программа численного расчета, разработанная Флейшманом и Кузнецовым. Для решения задачи подгонки был применен ранее неиспользуемый для целей радиодиагностики вспышечных петель генетический алгоритм поиска глобального экстремума. Этот алгоритм дал хорошие по точности и времени счета результаты при восстановлении пяти параметров для модельной вспышечной петли.

Разработанный метод был применен для определения концентрации ускоренных электронов, показателя их энергетического спектра, модуля и

направления магнитного поля для реальной вспышечной петли во вспышке 22 августа 2005 г по данным радиогелиографа Нобейма. Установлено, что динамика и численные значения восстановленных параметров согласуются с физическими представлениями о динамике распределения нетепловых электронов в магнитной петле.

**Динамика электронов, ускоренных в солнечных
вспышках 19 декабря 2001 и 15 апреля 2002, по данным
рентгеновского спектрометра ИРИС**

*Моторина Г.Г.¹, Кудрявцев И.В.^{1,2}, Лазутков В.П.²,
Матвеев Г.А.², Савченко М.И.^{2,3}, Скородумов Д.В.^{2,3},
Чариков Ю.Е.^{2,3}*

¹ Учреждение Российской академии наук Главная (Пулковская)
астрономическая обсерватория РАН, С.-Петербург,
e-mail: g.motorina@yandex.ru

² Учреждение Российской академии наук Физико-технический
институт им. ФТИ им. А.Ф.Иоффе РАН, С.-Петербург,
e-mail: igor.koudriavtsev@mail.ioffe.ru

³ Государственное образовательное учреждение высшего
профессионального образования «Санкт-Петербургский
государственный политехнический университет», С.-Петербург,
Россия

Рассматриваются результаты восстановления энергетических спектров электронов, ускоренных в солнечных вспышках 19 декабря 2001 и 15 апреля 2002. Первая из этих вспышек началась в 02:30 и относится к рентгеновскому классу C4.9, вторая, класса M1.2 началась в 23:05 UT. Восстановление энергетических спектров электронов проводится с использованием данных по жесткому рентгеновскому излучению (ЖРИ), которое было зарегистрировано спектрометром ИРИС во время полета спутника КОРОНАС-Ф [1]. С целью нахождения энергетических распределений ускоренных во вспышках электронов проводится решение интегрального уравнения, относительно искомой функции для различных моментов времени. В результате получены энергетические распределения ускоренных электронов на фазах подъема, максимума и спада излучения рассматриваемых вспышек.

Работа частично поддержана Программами Президиума РАН П-21 и 22, Министерством образования и науки Российской Федерации (договор

11.G34.31.0001 с СПбГПУ и ведущим ученым Г.Г. Павловым), ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» и грантом Президента РФ поддержки ведущих научных школ НШ-1625.2012.2.

- [1] Дмитриев П.Б., Кудрявцев И.В., Лазутков В.П., Матвеев Г.А., Савченко М.И., Скородумов Д.В., Чариков Ю.Е.// *Астрономический вестник*. 2006. Т. 40. № 2. С. 160-170.

**Связь динамики внешнего радиационного пояса Земли
и волновой активности в диапазоне геомагнитных
пульсаций Pc5 во время магнитных бурь
ноября-декабря 2006 года**

Мяжкова И.Н.¹, Козырева О.В.²

¹*МГУ им. М.В. Ломоносова, Научно-исследовательский институт
ядерной физики им. Д.В. Скобельцына, Москва,
e-mail: irina@srd.sinp.msu.ru*

²*Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва,
e-mail: kozyreva@ifz.ru*

В работе исследовалась связь ускорения электронов внешнего радиационного пояса Земли (ВРПЗ) и волновой активности в диапазоне 2-7 мГц (диапазон геомагнитных пульсаций Pc5) на примере нескольких магнитных бурь ноября-декабря 2006.

Магнитные бури ноября (например, 9-11/11/2006 и 29-30/11/2006) были вызваны коротирующими областями взаимодействия (КОВ), причиной которых стали высокоскоростные потоки солнечного ветра из корональных дыр (КОВ-бури). Магнитная буря большей интенсивности, произошедшая 15-16 декабря 2006, была вызвана корональным выбросом массы (КВМ-буря), связанным с аномальной серией вспышек на Солнце, наблюдавшейся во второй декаде декабря 2006.

Нами были рассмотрены вариации ВРПЗ на малых (до 1000 км) высотах и на геостационарной орбите по данным измерений электронов с энергией выше 3.5 МэВ (ИСЗ «Университетский — Татьяна») и выше 2 МэВ (GOES-11), соответственно. Выполнено их сравнение с вариациями волновой активности (2-7 мГц) по спутниковым и наземным данным. Были прослежены резкие падения потока релятивистских электронов ВРПЗ на главной фазе магнитных бурь обоих типов, как на геостационарной орбите, так и на малых высотах и значительный рост потока релятивистских электронов ВРПЗ на фазе восстановления геомагнитных бурь. Локализация и размеры ВРПЗ после бурь также сильно менялись по сравнению с

добуревыми. В частности, после бурь максимум ВПРЗ на малых высотах формировался значительно ближе к Земле, причем его локализация для КОВ-бурь и КВМ-бурь была различной.

В работе обсуждается возможная роль волновой активности в диапазоне геомагнитных пульсаций Рс5 в динамике потоков релятивистских электронов ВРПЗ.

Работа выполнена при частичной поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований (грант 12-05-01030-а).

К прогнозу цикла солнечной активности № 24

Наговицын Ю.А., Кулешова А.И.

ГАО РАН, Санкт-Петербург, Россия

Показано, что прогноз амплитуды и даты максимума 24-го цикла солнечной активности, опубликованный в [1], не противоречит последним данным о состоянии солнечной активности. Таким образом можно ожидать, что амплитуда текущего цикла составит 104 ± 12 единиц чисел Вольфа, а максимум наступит не раньше середины 2013 года.

- [1] Наговицын Ю.А., Кулешова А.И. 2012, *Астрономический журнал*, т. 89, № 9, 2012.

Моменты экстремумов 11-летних циклов солнечной активности в последние два тысячелетия (верификация данных Д. Шоува)

Наговицын Ю.А., Кулешова А.И.

ГАО РАН, Санкт-Петербург, Россия

На основе современных данных о числе полярных сияний в прошлом (каталоги С. Сильвермана и Л. Крживского) с помощью специального подхода, основанного на вейвлет-преобразовании, произведена верификация известных данных Д. Шоува о моментах экстремумов 11-летних циклов солнечной активности с начала Н.Э. Показано, что даже без сторонних предположений Д. Шоува (неоднократно подвергавшихся критике) наблюдательные данные позволяют выявить моменты экстремумов не менее 90% прошедших одиннадцатилеток. Предложен способ качественной оценки амплитуды циклов. Для большой временной шкалы приведено изменение локальной продолжительности 11-летнего цикла солнечной активности.

Эффект Ливингстона-Пенна возможная интерпретация

Наговицын Ю.А.¹, Певцов А.А.², Ливингстон В.²

¹ГАО РАН, Санкт-Петербург, Россия

²Национальная солнечная обсерватория, США

Ливингстон и Пенн [1, 2] на основе анализа данных за 1998-2011 гг. сделали вывод о вековом уменьшении средних магнитных полей пятен («эффект Ливингстона-Пенна»). В то же время Певцов и др. [3] на основе анализа наблюдаемых максимальных за день напряженностей в 1957-2011 гг. показали, что усредненная величина магнитного поля пятен изменяется параллельно с 11-летним циклом. В настоящей работе с привлечением данных КрАО [4] и ГАС ГАО РАН [5] мы интерпретируем эффект Ливингстона-Пенна в свете возрастания в последние годы доли малых пятен по сравнению с крупными, что позволяет устранить противоречие в выводах [1, 2] и [3].

- [1] Penn, M. J., & Livingston, W. 2006, ApJ, 649, L45
- [2] Penn, M. J., & Livingston, W. 2011, in IAU Symp. 273, The Physics of Sun and Star Spots, ed. D. Choudhary & K. Strassmeier (Cambridge: Cambridge Univ. Press), 126
- [3] Pevtsov, A.A., Nagovitsyn, Yu.A., Tlatov, A.G., and Rybak, A.L. 2011, ApJ, 742, L36
- [4] <http://swc.crao.crimea.ua/>
- [5] <http://www.solarstation.ru/>

Долго- и сверхдолгопериодические колебания солнечных пятен по данным MDI SOHO

Наговицын Ю.А., Рыбак А.Л., Наговицына Е.Ю.

ГАО РАН, Санкт-Петербург, Россия

По ряду пятен с временем существования не менее половины оборота Солнца с применением вейвлет преобразования на основе данных SOHO MDI рассмотрена частотная структура долго- и сверхдолгопериодических колебаний солнечных пятен [1]: повторяющихся изменений напряженности и гелиографических координат с периодами от десятков-сотен минут до нескольких суток. Основное внимание уделено структуре относительных амплитуд в полном наборе периодов пятенных колебаний.

- [1] Наговицын Ю.А., Наговицына Е.Ю. // Труды 10-й Пулковской конференции по физике Солнца, С.-Пб., с.73-104, 2006.

Солнечная корона в свете современных наблюдений

Никольская К.И.

Институт земного магнетизма, Ионосферы и распространения радиоволн, Москва, e-mail: knikol@izmiran.ru

Современные XUV-наблюдения Солнца (TRACE и др.) неизменно свидетельствуют о том, что фундаментальная роль в образовании солнечной короны принадлежит солнечным магнитным полям. Независимо от фазы активности корональные структуры (активные области, стримеры и арки фоновой короны) всегда связаны с замкнутыми магнитными полями и отсутствуют в местах открытых магнитных конфигураций. При этом магнитные поля не просто выполняют функцию каркаса солнечной короны. Они принимают активное участие в процессах нагрева вещества короны, что подтверждается наблюдаемой прямой корреляцией температуры корональных структур с напряженностью замкнутых магнитных конфигураций, их образующих. Солнечная корона, таким образом, есть не что иное, как совокупность прикрепленных к Солнцу магнитных ловушек в виде корональных петель и арок с высокотемпературной плазмой внутри.

В докладе формирование и нагрев солнечной короны рассматривается как результат диссипации в магнитных ловушках (петлях и арках) первичных высокоскоростных плазменных потоков, поступающих из фотосферы и поставляющих в корону вещество и энергию. Реальность таких

потоков и их глобальная природа следуют из наблюдений стационарного солнечного ветра [1]. Ряд особенностей короны, обусловленных рассматриваемым механизмом ее формирования, в частности, ее топологии, обнаруживает хорошее согласие с наблюдениями, что свидетельствует в пользу рассматриваемой концепции. Приводятся оценки концентрации протонов первичных высокоскоростных потоков, необходимой для разогрева захватываемой плазмы до корональных температур.

[1] Mogilevsky E.I., Nikolskaya K.I. // *Astrophys. and Space Sci. Proc.*, 2014, v 30, p. 189.

Стационарный солнечный ветер может быть феноменом Солнца как звезды

Никольская К.И.

Институт земного магнетизма, Ионосферы и распространения радиоволн, Москва, e-mail: knikol@izmiran.ru

Интерпретируются результаты анализа скоростей эклиптических и внеэклиптических потоков солнечного ветра (СВ) по данным мониторов Ulysses/SWOOPS и SOHO/PM за период январь 1992 — июнь 2009 гг, охватывающий 2 минимума солнечной активности и максимум между ними. Основные выводы:

1. Обнаружение связи скоростей стационарного СВ с магнитными полями Солнца — результат фундаментального значения для разгадки природы регулярных истечений солнечной плазмы. Введение в рассмотрение магнитных полей Солнца приводит к радикальному изменению парадигмы СВ: ускорение потоков сменяется их торможением. СВ, быстрый и медленный, так же как и солнечная корона, формируются в процессе торможения (СВ) или захвата (корона) первичных высокоскоростных потоков замкнутыми магнитными полями Солнца в непосредственной близости к поверхности фотосферы. В случае отсутствия замкнутых магнитных полей Солнце не имело бы короны, а в гелиосфере наблюдался бы только быстрый СВ со скоростями ~ 800 км/с.

2. Существование первичных потоков ~ 800 км/с вблизи поверхности фотосферы — не гипотеза, а реальное явление. Эти потоки могут поступать только с поверхности фотосферы.

3. Энергетически регулярные первичные высокоскоростные истечения солнечной плазмы никак не могут быть продуктом процессов неустойчивости на поверхности Солнца и с неизбежностью должны приходить из глубин солнечной фотосферы. Образование высокоскоростных радиальных потоков плазмы в солнечной фотосфере обсуждается в терминах странного ускорения Ферми, действующего во фрактальной среде.

Вариации крайнего ультрафиолетового излучения Солнца и их вклад в ошибки ионосферных моделей

Нусинов А.А., Казачевская Т.В.

ФГБУ «ИПГ», Москва, e-mail: nusinov@mail.ru

Существование случайных вариаций крайнего ультрафиолетового излучения (КУФ) в течение месяца приводит к возникновению ограничений точности прогноза критической частоты слоя F2 ионосферы. Анализ δf — относительных значений месячных среднеквадратичных разбросов критических частот слоя F2 — и соответствующих им относительных значений месячных среднеквадратичных разбросов солнечного КУФ излучения δu в течение солнечного цикла показал их зависимость от уровня солнечной активности. Делается вывод, что при использовании прогностических ионосферных моделей месячных медиан для диагностики или прогноза f_oF2 для конкретной даты ошибка вряд ли может быть менее $\sim 7\%$ при низкой солнечной активности и $\sim 15\%$ при высокой активности.

Прогноз индексов солнечной активности и геоэффективных электромагнитных излучений Солнца для 24 цикла активности

Нусинов А.А.

ФГБУ «ИПГ», Москва, e-mail: nusinov@mail.ru

Рассмотрены методы долгосрочного прогноза солнечных индексов: чисел пятен W , потока радиоизлучения $F_{10.7}$ и потоков крайнего ультрафиолетового (10–125) нм и далекого ультрафиолетового (125–240 нм) излучений, определяющих свойства ионосферы и верхней атмосферы. Прогноз W выполняется по суточным данным о значениях W и индекса геомагнитной активности K_P за 3 последних года в предыдущем цикле и может быть сформирован за 1.5–2 года до начала прогнозируемого цикла. Уточнение прогноза выполняется по мере поступления текущих данных. Прогностическое уравнение получено по суточным данным о W и K_P за 6 последних циклов солнечной активности. Для 24-го цикла максимальное значение W составляет ~ 80 . Индекс $F_{10.7}$ рассчитывается исходя из уравнения его регрессии на W . Для прогноза потоков ультрафиолетового излучения для прогнозируемого цикла рассчитывается также фоновый (без активных областей) поток радиоизлучения на 10.7 см, а затем значения в цикле потока в линии L_α (121.6 нм). Эти значения являются исходными для прогноза потоков ультрафиолетового излучения в узких (1 нм) спектральных интервалах.

Прогностические значения сравниваются с результатами последних измерений потоков крайнего ультрафиолетового излучения Солнца в различных участках спектра, а также с современными представлениями о величинах и характере их вариаций. Прогностические значения хорошо согласуются с результатами измерений на ИСЗ TIMED. Рассмотрены аномалии вариаций в 23–24 циклах активности. Отмечены расхождения между данными измерений на космических аппаратах TIMED и SDO в 24-м цикле активности, заметно превышающие погрешность прогноза.

Космические факторы эволюции биосферы: новые направления исследований

*Обридко В.Н.¹, Мирошниченко Л.И.¹, Рагульская М.В.¹,
Хабарова О.В.¹, Храмова Е.Г.¹, Лившиц М.А.¹,
Кацова М.М.²*

¹*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В.Пушкова РАН, Москва, e-mail: obridko@izmiran.ru*

²*Государственный Астрономический институт им. П.К.Штернберга, Москва*

Рассмотрены различные космические факторы, в условиях которых появилась и эволюционировала жизнь на Земле. Отмечена роль высокой активности Солнца на ранней стадии его развития и возрастающее влияние галактических космических лучей в последующий период. Обозначены несоответствия некоторых физических расчетов палеонтологическим данным с целью их взаимного уточнения. Сформулированы основные направления дальнейших исследований. В докладе предполагается рассмотреть следующие вопросы.

1. Оценка возможного времени возникновения жизни на земле, исходя из динамики древнего Солнца.
2. Молодое Солнце и условия развития жизни на планетах.
 - (a) Воздействие раннего солнца на атмосферы планет.
 - (b) Когда солнце позволило жизни зародиться?
3. Роль космических лучей в эволюции биосферы.
4. Эволюционные функции космо-геофизических факторов и их актуальность в настоящее время.

**Evidence for a link between North-Atlantic Oscillation
and north Finland climate as derived from stable carbon
isotope record**

Ogurtsov M.G.^{1,2}, Jungner H.³, Sonninen E.⁴

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

² *Главная Астрономическая обсерватория, Пулковое, С.-Петербург,
e-mail:*

³ *The University of Helsinki, Helsinki, Finland,
e-mail: hogne.jungner@helsinki.fi*

⁴ *The University of Helsinki, Helsinki, Finland,
e-mail: eloni.sonninen@helsinki.fi*

The relationship between the North Atlantic Oscillation, NAO, and northern Fennoscandian climate, based on both instrumental data and a tree ring stable carbon isotope record from northern and eastern Finland was examined. Instrumental data on temperature, NAO index as well as stable carbon isotope data from tree rings clearly correlate for the last hundred years. Using the stable isotope record, shown to reflect the summer temperature, and a NAO proxy index we could extend the correlation analysis and confirm a link between NAO and climate of northern Fennoscandia over the last 350 years.

**Колебания яркости в линиях $CaII$:
изменение центр-край**

Ожогина О.А., Теплицкая Р.Б.

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

С целью выяснения существования эффекта центр-край в колебаниях яркости хромосферных линий проведены измерения мощности колебаний P в ядрах линий K и 854.2 нм $CaII$ на участках спокойного Солнца, расположенных на различных гелиоцентрических расстояниях Dr . На двухкамерном спектрографе Саянской солнечной обсерватории получено 15 временных серий в UV и IR диапазонах. В качестве диагностических параметров выбраны остаточные интенсивности K_3 и X_0 обеих линий, а также K -индекс (K_{in}). Спектры мощности рассматривались отдельно для «сеток» и «ячеек» хромосферной сетки, а также для трех частотных интервалов: $5.2\text{--}8.0$ мГц (“3 мин”), $2.4\text{--}5.2$ мГц (“5 мин”), $1.2\text{--}2.4$ мГц (“10

мин”). Учитывались только колебания, мощность которых определена на уровне значимости 95% и выше.

Для усредненных по каждому объекту мощностей $\langle P \rangle$ получено, что в пятиминутном интервале имеет место значимая (на уровне $>95\%$) отрицательная корреляция между $\langle P \rangle$ и $\langle Dr \rangle$, причём для сеток она больше, чем для ячеек. В трёхминутном интервале в ячейках и в десятиминутном интервале в обоих компонентах хромосферной сетки на заданном уровне значимости изменение центр-край мощностей не обнаружено.

Рассмотрен характер связи между мощностью пятиминутных колебаний яркости и самой яркостью внутри одного и того же структурного образования. Присутствуют все три возможных типа связи — высокие положительная и отрицательная корреляции и полное ее отсутствие. Первые два типа, наряду с существованием уменьшения мощности колебаний к краю диска, могут быть объяснены в терминах теории магнитоакустических порталов. Отрицательная корреляция, по-видимому, вызвана нагревом хромосферы не магнитоакустическими волнами, а другой МГД модой.

Среди колебаний “10 мин” в особый интервал выделены колебания с периодами >700 с. Они значительно чаще наблюдаются в сетках, чем в ячейках, и свойственны в основном параметрам K_3 и K_{in} .

Динамика и структура активной области NOAA 7123 по наблюдениям на VLA, РАТАН-600, ССРТ и БПР

*Петерова Н.Г.¹, Агалаков Б.В.², Борисевич Т.П.³,
Лубышев Б.И.⁴, Опейкина Л.В.⁵, Топчило Н.А.⁶*

¹СПбФ САО РАН, С.-Петербург, e-mail: peterova@yandex.ru

²НИИрГТУ, Иркутск, e-mail: Agalakov123@yandex.ru

³ГАО РАН, С.-Петербург, e-mail: btp@gao.spb.ru

⁴ИСЗФ СО РАН, Иркутск, e-mail: lubyshev@iszf.irk.ru

⁵САО РАН, Нижний Архыз, e-mail: lvo@sao.ru

⁶НИАИ СПбГУ, С.-Петербург, e-mail: TopchiloNA@yandex.ru

Продолжено исследование активной области NOAA 7123 (апрель 1992 г.), отличавшейся редкой структурой поляризации источника циклотронного излучения над пятном [1, 2]. Обзор литературы показывает, что среди наблюдений на VLA это был практически единственный случай, когда в течение не менее 3 дней в излучении преобладала о-мода. Результаты наблюдений АО 7123 на ССРТ, РАТАН-600 и БПР не противоречат существованию данной аномалии [2]. В настоящей работе, помимо источника над основным пятном, изучалась структура излучения

над всей АО, включая ее хвостовую часть. Хвостовая часть отличалась повышенной динамикой, что, однако, не оказывало заметного влияния на исследуемую аномалию. Только после вспышки 7 апреля пятно перешло в обычное состояние с преобладанием в излучении е-моды. Мы приводим результаты сопоставления структуры АО 7123 по наблюдениям на VLA, ССРТ и РАТАН-600 вблизи даты вспышки (06-07.04) и даем оценки изменения параметров радиоизлучения до и после вспышки. Аномальная поляризация излучения над пятнами вспышечно-опасных АО отмечалась и ранее [3]. Как и в случае АО 7123, она возникала в условиях сложной топологии магнитного поля и исчезала при ее упрощении.

- [1] Vourlidas A. et al. // *Astrophys. J.*, 1997, v. 489, p. 403.
- [2] Агалаков Б.В. и др. // Труды конференции «Солнечная и солнечно-земная физика — 2010», Пулково, 2010, с. 23
- [3] Korzhavin A.N., Peterova N.G. // *Bull. Spec. Astrophys. Obs.*, 1998, v. 44, p. 71.

Выяснение механизма солнечной вспышки путем МГД моделирования

Подгорный А.И.¹, Подгорный И.М.²

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

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

В настоящее время в научной литературе рассматривается несколько сценариев развития солнечной вспышки. Среди них, разрушение токового слоя над активной областью, генерация тока вдоль арочного магнитного поля источником тока, расположенным под фотосферой, выброс магнитного жгута, пронизывающего магнитную арку, МГД неустойчивость магнитного жгута, приводящая к корональному выбросу массы, диссипация магнитной скрученности, инжектируемой из активной области и другие. Для выяснения механизма вспышки 3D MHD моделирование необходимо проводить при начальных и граничных условиях, взятых из наблюдений состояния активной области перед реальной вспышкой. Механизм возникновения вспышки должен демонстрироваться результатами моделирования, а не искусственно вводиться при постановке численного эксперимента. Для проведения детального анализа вспышечного явления моделирование должно быть выполнено в реальном масштабе времени. Используя

данные измерений динамики предвспышечного состояния фотосферы, выполнен численный МГД расчет начальной стадии накопления энергии. Показано, что в предвспышечном состоянии в короне над активной областью возникает токовый слой, в магнитном поле которого запасается энергия. Разработана идеология детального расчета с использованием суперкомпьютера.

Условия появления большой вспышки и поведение фотосферного поля во время вспышки

Подгорный И.М.¹, Подгорный А.И.², Мешалкина Н.С.³

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

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

³*Институт Солнечно-Земной Физики СО РАН, Иркутск,
e-mail: nata@iszf.irk.ru*

Рассмотрено поведение распределения магнитного поля и магнитных потоков ряда активных областей, давших серии вспышек класса X (NOAA 11158, 10720, 10486, 10365 и др.). Показано, что типичное время формирования активной области, вызывающей вспышку составляет 4–5 дней. Вспышки класса X возникают после достижения магнитным потоком значения, превышающего $\sim 10^{22}$ Мх. Однако величина потока является необходимым, но не достаточным условием. Высокой вероятностью произвести вспышку обладают только активные области со сложным распределением магнитного поля, когда линия инверсии магнитного поля имеет сложную форму и/или имеется несколько линий инверсии. Более высокой вероятностью вызвать вспышку обладают активные области с большим градиентом магнитного поля поперек линии инверсии. Простые активные области с одним ведущим и одним ведомым пятнами вспышек не создают. В короне с простым арочным полем, где нет особых линий, не может образоваться токовый слой, в поле которого накапливается энергия вспышки. Сколько-нибудь значительных изменений магнитного поля активной области во время вспышки не обнаруживается, отдельные измерения показывают локальные флуктуации $\sim 1\%$. Это указывает на накопление в предвспышечном состоянии в короне магнитной энергии и реализацию ее в короне. При анализе магнитных полей использовались данные SOHO MDI и SDO HMI, измеряющие компоненту поля вдоль луча зрения. Нормальная компонента фотосферного поля находилась решением уравнения Лапласа с использованием граничных условий на фотосфере в виде наклонной производной магнитного потенциала.

О нейтральном водороде в короне

Попов В.В., Ким И.С.

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

Обсуждаются измерения степени линейной поляризации p излучения К-короны 29.03.2006г. в зеленой ($\lambda = 541\text{нм}$) и красной ($\lambda = 637\text{нм}$) областях спектра в диапазоне $< 1.5 R_{\odot}$. Представлены «зеленые» и «красные» поляризационные «изображения» (двумерные распределения p), выявляющие диффузную и структурную составляющие различного масштаба и значительную структуризацию по сравнению с традиционными изображениями. Диффузная составляющая в красном диапазоне соответствует модели ван де Хюлста. Распределения в зеленом диапазоне выявляют структуры с аномальными p , достигающими 60-65%. Повсюду в короне обнаружено превышение p (Δp) в зеленом диапазоне по сравнению с красным, достигающее максимума на $1.2 - 1.3 R_{\odot}$: $\leq 5\%$ в полярных областях до 22% в полости крупномасштабного NW-стримера. Отмечено, что обнаруженное различие может объясняться существованием нейтрального водорода во внутренней короне. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта No 11-02-00631 а.

Динамические системы для магнитного поля Солнца и квазидвухлетние вариации магнитной активности

Попова Е.П.

Московский государственный университет, Москва,
e-mail: popovaelp@mail.ru

Одним из способов получения модели генерации магнитного поля состоит в следующем. Предполагается, что возбуждаемое магнитное поле можно описать сравнительно небольшим числом параметров и для его качественного описания уравнения динамо можно заменить динамической системой не очень высокого порядка.

В данной работе построена и исследована динамическая система для магнитного поля с различными симметриями (дипольной и квадрупольной) с помощью маломодового приближения. Построены широтно-временные распределения полоидального и тороидального полей. Найдены условия, при которых реализуются различные режимы генерации магнитного поля. В частности, был найден режим, который качественно воспроизводит присутствие квазидвухлетних вариаций на фоне 11-летнего цикла.

Дестабилизация, взаимодействие и эрупция волокон на Солнце и сопутствующие события

Порфирьева Г.А., Якунина Г.В.

*Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова
и Трудового красного Знамени. Государственный астрономический
институт им. П.К. Штернберга e-mail: yakunina@sai.msu.ru*

Наряду со слиянием отдельных небольших волокон и образованием одного более длинного, при дестабилизации протяженных волокон может наблюдаться их сближение и столкновение. При контакте взаимодействие волокон может протекать по разным сценариям в зависимости от структуры магнитных полей (MFs). В результате магнитного пересоединения в местах взаимодействия волокон обычно происходит энерговыделение в виде вспышек, радиовсплесков и корональных выбросов массы (CMEs).

Сравнительно небольшие активные области, но со сложной топологией MF могут являться источниками множественных вспышек, неоднократных выбросов волокон и CMEs, причем со скоростями до 500–1000 км/с. Наблюдения со STEREO позволяют более достоверно оценить скорости CMEs и построить более достоверные модели происходящих процессов, что важно для лучшего понимания механизмов ускорения солнечного ветра и успешного прогноза космической погоды. Использованы данные из Интернета и публикаций в научных журналах.

Работа поддержана грантом РФФИ № 11-02-00843-а.

Спектральные характеристики крупномасштабных областей радиоизлучения в корональных дырах

Просовецкий Д.В.¹, Григорьева И.Ю.², Кочанов А.А.¹

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

²*Главная астрономическая обсерватория, С.-Петербург*

Наблюдения корональных дыр в радиодиапазоне показывают, что на частотах выше 10 ГГц яркостная температура корональных дыр превышает яркостную температуру спокойного Солнца, а в диапазоне ниже частоты 7.5 ГГц и до 150 МГц корональные дыры видны как депрессия излучения на фоне спокойного Солнца. В настоящее время объяснение этого наблюдательного факта вызывает трудности, поскольку точно не известно

высотное распределение параметров плазмы атмосферы спокойного Солнца, а также не известны механизмы выделения энергии от хромосферных до корональных высот.

В работе исследован радиоспектр и пространственное распределение радиоизлучения корональных дыр, наблюдавшихся на различных стадиях 23 и начала 24 циклов солнечной активности радиотелескопами РАТАН-600 в диапазоне 3-17 ГГц, ССРТ (5.7 ГГц) и радиогелиографом в Нобееме (17 ГГц). Выяснено, что условием наличия излучения корональных дыр на 17 ГГц (уярчение) и 5.7 ГГц (депрессия) является спектральный индекс ~ 1.5 в диапазоне 5-16.5 ГГц, а для случаев, когда корональные дыры не видны на фоне спокойного Солнца, спектр в этом диапазоне становится плоским. Было установлено, что в корональных дырах с наиболее выраженными депрессиями/уярчениями на 5.7 и 17 ГГц присутствуют особенности спектра в диапазоне 3-5 ГГц. Для исследованных корональных дыр найдено, что в прошедшем минимуме солнечной активности радиоспектр в диапазоне 5-17 ГГц был плоским, а корональные дыры на 5.7 и 17 ГГц были практически неразличимы.

В докладе с учетом полученных наблюдательных данных обсуждается возможное высотное строение атмосферы Солнца над корональными дырами.

Анализ ряда чисел Вольфа в частотно-временной области

Пятигорский А.Г., Пятигорский Г.А.

Учреждение Российской академии наук Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, С.-Петербург, e-mail: alxp@bk.ru

Доклад основан на исследовании рядов чисел Вольфа месячного разрешения с 1749 года и годовичного разрешения с 1700 года в частотно-временной области методами, разработанными авторами для нестационарных природных временных рядов.

Используемые методы анализа предполагают, что исследуемый временной ряд может быть представлен суммой конечного числа волновых пакетов. Каждый такой волновой пакет имеет фиксированную частоту, квазификсированную фазу и свою форму амплитудной модуляции.

Предлагаются для рассмотрения результаты, полученные с использованием линейного и нелинейного подходов для решения данной задачи.

Выполненная работа продолжает цикл докладов авторов в ГАО, посвящённых солнечной тематике.

Прогнозирование солнечной активности методом нелинейного регрессионного частотно-временного анализа ряда чисел Вольфа

Пятигорский А.Г., Пятигорский Г.А.

*Учреждение Российской академии наук Физико-технический
институт им. А.Ф. Иоффе РАН, С.-Петербург, e-mail: alxp@bk.ru*

Для прогноза солнечной активности используется несколько авторских математических моделей. Каждая из таких моделей представляет собой разложение ряда Вольфа на сумму волновых пакетов. Модели отличаются видом представления для волновых пакетов и их числом.

В качестве входных данных используется исходный ряд Вольфа и модифицированный знакопеременный ряд месячного и годового разрешения. Приводятся результаты прогноза по этим моделям. По результатам сравнения прогноза по отброшенным данным с реальными данными за тот же период анализируется корректность предсказания на ближайшие циклы солнечной активности. Рассматриваются полученные результаты.

Выполненная работа продолжает цикл докладов авторов в ГАО, посвящённых солнечной тематике.

Вариации солнечной активности и климатические изменения в голоцене и их социальные последствия

**Распопов О.М.¹, Дергачев В.А.², Зайцева Г.И.³,
Трифонов В.А.³**

¹ *Санкт-Петербургский филиал Института земного магнетизма,
ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН,
Санкт-Петербург, Россия*

² *Физико-Технический институт им А.Ф. Иоффе РАН,
Санкт-Петербург, Россия*

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

Как свидетельствуют многочисленные палеоданные, одним из важнейших факторов, влияющих на изменение климата в прошлом, является солнечная активность. В то же время, изменение климата в прошлом могло оказывать огромное влияние на развитие человеческого общества и окружающую среду, с которой человечество находилось в неразрывной

связи. Наибольшее изучен в климатическом отношении временной интервал, охватывающий последние примерно 11 тысяч лет — голоцен. Голоцен является межледниковым интервалом с наиболее стабильными климатическими условиями в примерно 100-тысячелетнем ледниковом цикле. Следует отметить, что в голоцене на интервалах времени от десятилетий до нескольких столетий происходили существенные климатические изменения, которые отражены в природных архивах.

Рассмотрено воздействие резких климатических изменений, стимулированных долговременной солнечной активностью на социальные процессы в голоцене. Потепление и увлажнение климата в начале голоцена, изменение ландшафтов привело к перестройке человеческого общества, увеличению плотности населения. Период 6400–6000 лет до нашей эры во многом стал ключевым, с одной стороны, для возникновения и развития агрокультуры, а с другой стороны, переселению земледельцев и скотоводов на новые территории. Преобразования в древних сообществах в этот период отмечены в Центральной и Восточной Европе, Китае, зонах Центральной Азии, Южной Сибири, Северной Африки, Месопотамии. Резкое изменение климата около 5200 лет назад (минимум 2400-летнего солнечного цикла) может быть связано с переселением народов в выше названных регионах земного шара.

Глубокие минимумы солнечной активности 2700–2200 ВР сопровождались резкими глобальными климатическими изменениями, которые привели к смене культур в степях Евразии, набегам кочевников с севера на Китай и, как следствие, строительству Великой Китайской Стены. Квазидвухсотлетняя солнечная цикличность стимулировала продолжительные засухи на Американском континенте, что привело к распаду цивилизаций майя и инков. Ослабление солнечной активности и формирование средневекового климатического оптимума создали условия для освоения Гренландии викингами и для их дальнейшего продвижения в Северную Америку. Последующий Малый Ледниковый Период, связанный с усилением солнечной активности, привел к деградации поселений викингов в Гренландии. Ослабление солнечной активности 4200–4000 лет назад привело к резким климатическим изменениям и гибели цивилизаций в Месопотамии. Смена династий в древнем Китае совпадало с временными интервалами климатических изменений, что сопровождалось увеличением военных конфликтов.

Оконтуривание слабоконтрастных образований

Ретивых В.В., Обухов А.Г., Лубышев Б.И.

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

Главным этапом при распознавании слабоконтрастных объектов на радиоизображении Солнца (протуберанцы, волокна, корональные дыры) является сегментация, т.е. разбиение изображения на части, поддающиеся единому описанию в пространстве выбранных признаков. Процесс сегментации состоит из трёх основных этапов: (1) сглаживание радиоизображения, (2) выделение граничных точек с помощью градиентных методов или лапласиана, (3) удаление разрывов.

Методы сглаживания радиоизображения Солнца можно разделить на две категории. К первой относятся глобальные методы, одновременно вовлекающие в обработку всё зашумлённое радиоизображение. Это необходимо, если Солнце активное и на радиоизображении присутствуют боковые лепестки от диаграммы направленности радиотелескопа. Для этого случая мы использовали фильтр Винера-Тихонова. Ко второй категории можно отнести локальные операторы, действующие на отдельные фрагменты радиоизображения. Такой подход возможен, когда Солнце «спокойное». Для его реализации мы применили обычные низкочастотные фильтры, а также сигма и медианные фильтры.

Задача выделения граничных точек (контрастирования) состоит в поиске границ между однородными областями. Для этого необходимо вычислить дискретные приближения двумерного градиента. Нами показано, что по реакции на ступенчатый перепад наилучшими из градиентных операторов являются фильтры с масками Собеля и Превитта. Производная второго порядка — лапласиан — в данной работе применяется для предварительного обнаружения контуров в точках пересечения нулевого уровня.

Одним из основных требований к сегментации объектов является сохранение непрерывности границ. В работе рассмотрен алгоритм связывания на основе оценки двух классов параметров: геометрических (угол, расстояние) и яркостных (близость уровней радиояркости и радиояркость объекта).

Работа алгоритма по выявлению волокон и корональных дыр продемонстрирована на картах распределения радиояркости ССРТ.

«Вековой» цикл в изменениях чисел Вольфа и его особенности на разных интервалах наблюдений

Ривин Ю.Р.

Мюнхен, Германия, e-mail: ju_rivin@online.de

Данные по максимальным в цикле значениям чисел Вольфа (W) на интервале ~310 лет (от лет вблизи окончания минимума Маундера до наших дней), могут быть разделены на три этапа. Первый из них с окончания минимума Маундера по цикл № 09 (нумерация Цюриха), его длительность ~130 лет. Второй с цикла № 10 по цикл № 21 имеет примерно такую же продолжительность. Третий только, вероятно, начинается циклами №№ 22,23.

Каждый из этапов имеет свою специфику изменения высокочастотной части. Эта специфика находит отражение в изменениях высот циклов первых двух этапов после их фильтрации [1] и в результатах их спектральных анализов [2], для третьего — пока только в соотношении высот четного и нечетного циклов.

Сделаны выводы: 1) правило Гневышева-Оля выполняется только на втором этапе, 2) возможно, каждый вековой цикл имеет в вч-части свою специфику. Поэтому трудно предугадать какие неожиданности нас ждут в следующем солнечном столетии, которое, по-видимому, началось с циклов №№ 22,23.

- [1] Ривин Ю.Р.// Сб. Солнечная и солнечно-земная физика – 2012. Труды конференции.Пулково. С. . 2012
- [2] Rivin Yu.R.// The magnetic cycle of the Sun in the Spectral Region// Astron.Astrophys. Transactions. Vol.18. P. 287. 1999.

Правила Гневышева-Оля и проблемы их интерпретации

Ривин Ю.Р.

Мюнхен, e-mail: ju_rivin@online.de

1. Обработка циклов чисел Вольфа по данным с 1700 года методом цифровой фильтрации, а также важная особенность соотношениях высот пары циклов №№ 22,23 приводят к выводу о появлении 22-летнего цикла в изменениях чисел Вольфа (W) только после середины 19 века. Это обстоятельство отражено в правиле Гневышева-Оля (ГО), выполнение которых ограничено примерно 130 годами (циклы W №№ 10 - 21).

2. После середины 19 века магнитный цикл ($T \sim 22$ года)- основной цикл солнечной активности. 11-летний цикл, по-видимому, результат детектирования основного в верхней части конвективной зоны нелинейными механизмами [1-3]. Природа самого механизма такого детектирования неизвестна, также как и природа другого механизма, который создал в изменениях высот 11-летних циклов №№ 10-21 модуляцию основным циклом. По-видимому, это разные механизмы.

3. Продолжительность цикла № 23 реально около 13 лет, что близко к продолжительности цикла № 4, для которого из-за его длительности авторами [4] вводится гипотеза о «потерянном» цикле. Для доказательства полезности такой гипотезы они заявляют, что введение потерянного цикла способствует выполнению правила ГО на более продолжительном интервале. Такое заявление, согласно [1] и проведённой в статье обработке, не соответствует действительности.

4. Выводы в приведённых выше пунктах не позволяют согласиться с заключениями, приведёнными авторами работы [5], в которых утверждается выполнение правила ГО на любых временных интервалах и поддерживается гипотеза авторов [4].

5. Проблемы интерпретации правил ГО связаны с методами их анализа. Метод цифровой фильтрации чисел Вольфа более эффективен для этого, чем анализы на корреляционной плоскости, поскольку он даёт возможность выделить исходные 22-летние вариации, сделать оценки их амплитуд и других свойств, использовать их для решения ещё ряда задач.

- [1] Ривин Ю.Р.//Исследования по геомагнетизму, аэрономии и физике Солнца. Выпуск 56. С. 88. 1981.
- [2] Ривин Ю.Р. //Сб. Год астрономии: солнечная и солнечно-земная физика 2009. Труды конференции. Пулково. С.381.2009.
- [3] Ривин Ю.Р. // Сб. Солнечная и солнечно-земная физика 2010. Труды конференции. Пулково. С. 359.2010.
- [4] Usoskin I.G., Mursula K., Kovaltsov G.A.//Astron. Astrophys.V.370. L 31. 2001.
- [5] Наговицын Ю.А., Наговицына Е.Ю., Макарова В.В.// Письма в АЖ. Т. 35. С. 625. 2009.

Эффект Вальдмайера как объединение двух свойств 11-летних циклов

Рощина Е.М., Сарычев А.П.

ГАИШ МГУ, Москва, e-mail: stella_ro@mail.ru

Эффект Вальдмайера анализировался с помощью функций, аппроксимирующих циклы №№8–23 по цюрихской нумерации. Три свободных параметра используемых функций имеют смысл даты начала цикла, его амплитуды и продолжительности фазы роста активности. Этой фазе соответствует участок функции от её нулевого значения до максимума. Отношение максимального значения функции к продолжительности участка её роста равно среднему значению производной функции по времени на этом участке, то есть средней скорости роста активности. Показано, что амплитуда цикла связана с этой скоростью линейной регрессией с коэффициентом корреляции 0.98. Используя регрессию как функциональную зависимость, получены две функции, выражающие взаимосвязь амплитуды и продолжительности фазы роста 11-летнего цикла. Найденные функции находятся в согласии с параметрами аппроксимации среднемесячных чисел Вольфа в циклах №№8-23. По-видимому, линейная зависимость амплитуды цикла от средней скорости роста активности является фундаментальным свойством 11-летней цикличности Солнца. Следствием этого свойства можно считать обнаруженную Вальдмайером антикорреляцию между амплитудой цикла и длительностью фазы роста. Эффект Вальдмайера включает в себя зависимость амплитуды цикла и от продолжительности роста активности, и от скорости этого роста. Эти зависимости нужно рассматривать как целостное явление, обусловленное единым физическим механизмом.

Патрульный фотосферно-хромосферный телескоп

Середжинин Р.Т.

*Кисловодская Горная астрономическая станция ГАО РАН,
Кисловодск, e-mail: r.seredzhinov@mail.ru*

Изучение солнечных процессов в динамике с одновременным сохранением классических рядов для хромосферных линий CaK, H-α и белого света требует переоснащения солнечных станций новыми видами патрульных телескопов. Такие телескопы должны сочетать в себе простоту технического обслуживания, компактность, малый вес и наличие максимального уровня автоматизации. В статье представлено одно из возможных решений поставленной задачи с использованием спектрографа изображения. Описаны функции выполняемые телескопом в автоматическом режиме.

Спектрограф изображения патрульного телескопа

Середжинов Р.Т.

*Кисловодская Горная астрономическая станция ГАО РАН,
Кисловодск, e-mail: r.seredzhinov@mail.ru*

Замена узкополосных ИП фильтров на спектрографы, с целью получения изображения хромосферы Солнца, возможно в том случае, когда в спектрографе учтена сходимость тангенциального и сагиттального пучков в одной точке по всей высоте щели. При такой согласованности спектрограф дает возможность получать не только качественное изображение спектра, но и неискаженное астигматизмом изображение хромосферы. В работе описан спектрограф изображения патрульного телескопа ГАС, приведена общая методика его расчета с использованием прикладных программ.

К 100-летию открытия космических лучей: история высокогорных исследований в институте «Урусвати» по архивам Центра-Музея имени Н.К. Рериха (Москва)

Мирошниченко Л.И.^{1,2}, Сидоров В.И.^{3,4,5}

¹ *Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн (ИЗМИРАН), Троицк, Россия*

² *НИИЯФ МГУ, Москва, Россия*

³ *Международный Центр-Музей им. Н.К. Рериха, Москва, Россия*

⁴ *Астрономическая обсерватория ИГУ, Иркутск, Россия*

⁵ *Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия*

История исследования космических лучей наземными методами в 1930-х гг. содержит лакуны. По инициативе А.Х. Комптона, в 1932 году несколько экспедиций по изучению космических лучей были организованы в различных районах земного шара [1]. Одна из таких экспедиций, самая высокогорная, прошла через Гималаи в районе Юго-восточного Ладака. Отчет об этой экспедиции, был опубликован ее руководителем Дж.М. Бенаде в журнале Института гималайских исследований «Урусвати» [2], работавшего в индийских Гималаях в 1928–1939 гг. Архивные материалы Института, хранящиеся в международном Центре-Музее имени Н.К. Рериха

(Москва), подтверждают активное участие Института в исследовании космических лучей. Документально установлено сотрудничество директора Института Ю.Н. Рериха и проф. Дж.М. Венаде в проведении экспедиции в Ладак. В институте «Урусвати», основанном российским художником и ученым Николаем Рерихом (1874–1947) проводились исследования по археологии, этнографии, ботанике, биохимии, а также в области астрономии и метеорологии. Директор Института, археолог и востоковед Юрий Рерих (1902–1960), сумел заинтересовать мировую научную общественность обменом научной информацией и предоставлением помощи на местах ученым, посещающим Азию. В 1931–1932 гг. Институт провел пять экспедиций по районам Гималаев. Кроме штаб-квартиры в Кулу, Институт имел научную базу за перевалом Ротанг в Лахуле. Маршрут экспедиции Дж.М. Венаде прошел через Кулу и перевал Ротанг. К 12 августа 1932 г. экспедиция Венаде достигла максимальной высоты 19500 футов (5850 м над уровнем моря), Lanyar La, 30°N, 78°E, на которой когда-либо ранее проводились наземные наблюдения космических лучей. На этой высоте измерения продолжались в течение двух дней двумя различными приборами. Впоследствии А.Х. Комптон включил данные Венаде (точки Lahore и Lanyar La) в сводную таблицу высотного и широтного хода интенсивности космических лучей по всему земному шару. В нашей работе, опираясь на архивные материалы, мы обосновываем, что указанный маршрут был выбран Венаде далеко не случайно: в Кулу располагался институт «Урусвати». 100-летний юбилей открытия космических лучей Виктором Гессом, отмечаемый в 2012-ом году, совпал также со 110-летней годовщиной со дня рождения русского ученого Ю.Н. Рериха, директора Института «Урусвати» [3].

- [1] A.H. Compton. A Geographic Study of Cosmic Rays // Journal of Experimental and Theoretical Physics. Vol.43, No.6, 1933. Second series. P.387-403.
- [2] J.M. Benade. Cosmic Ray expedition to South Eastern Ladakh // Urusvati Journal. No.3.1932. P. 17-20.
- [3] L.I. Miroshnichenko, V.I. Sidorov. Cosmic Rays in the Institute “Urusvati” by Archives of N.K.Roerich Centre-Museum// <http://ecrs2012.sinp.msu.ru/myabstract/view-abstract/>

**Характеристики микроволновых солнечных всплесков
с миллиметровым избытком по данным
радиогелиографа Nobeyama и радиотелескопа РТ-7,5
МГТУ им. Н.Э. Баумана**

*Смирнова В.В.¹, Нагнибеда В.Г.¹, Жильцов А.В.²,
Рыжов В.С.²*

¹*Астрономический институт им. В.В. Соболева
Санкт-Петербургского государственного университета,
С.-Петербург, e-mail: vvsvid.smirnova@yandex.ru,*

²*Московский государственный технический университет
им. Н.Э. Баумана, С.-Петербург, e-mail: v_ryzhov@mail.ru,
zhilcovave8@mail.ru*

Целями работы являлись изучение свойств вспышечного процесса на Солнце в миллиметровом диапазоне, исследование характеристик коротковолновой области спектра микроволновых всплесков и механизма генерации миллиметрового излучения, выявление отклонений наблюдательных особенностей микроволновых всплесков от существующих моделей. Нами были проанализированы данные наблюдений микроволновых солнечных всплесков с усиленным излучением в миллиметровой части спектра. Данные были получены на радиогелиографе Nobeyama (NoRH) на частотах 17 и 34 ГГц и на радиополяриметре Nobeyama (NoRP) на частотах 1, 2, 3.75, 9, 17, 35 и 80 ГГц с временным разрешением 1 сек. Также мы получили и проанализировали данные наблюдений двух вспышечных событий в миллиметровом диапазоне на радиотелескопе РТ-7,5 Московского государственного университета им. Н.Э. Баумана на частотах 93 и 136 ГГц. Построены и проанализированы мгновенные и динамические спектры для выбранных событий и исследована динамика процесса с использованием данных в рентгеновском и ультрафиолетовом диапазонах. Мы разделили микроволновый всплеск на импульсную и тепловую компоненту. По полученным спектрам была оценена концентрация тепловых электронов для отдельно взятых всплесков и получен расчет зависимости плотности потока излучения от спектрального индекса нетепловых электронов (для гиросинхротронного механизма излучения) для частот 93 и 136 ГГц.

**Длиннопериодические колебания солнечных пятен
и вышележащих структур.**

**Смирнова В.В.¹, Riehoakainen A.², Жильцов А.В.³,
Рыжов В.С.³, Kallunki J.^{2,4}**

¹ *Астрономический институт им. В.В. Соболева
Санкт-Петербургского государственного университета,
С.-Петербург, e-mail: vvsvid.smirnova@yandex.ru*

² *University of Turku, Turku, Finland, e-mail: alerie@utu.fi*

³ *Московский государственный технический университет
им. Н.Э. Баумана, С.-Петербург, e-mail: v_ryzhov@mail.ru,
zhilcovave8@mail.ru*

⁴ *Aalto University, Metsahovi Radio Observatory
(Finland), e-mail: kallunki@kurp.hut.fi*

Мы исследовали долгопериодические колебания в пятнах (по данным напряженности магнитного поля по лучу зрения) и вышележащих структур (по радио-наблюдениям на частоте 37 ГГц).

Данные в радио-диапазоне были получены посредством наблюдений на радио-телескопе Metsahovi (Metsaovi Radio Observatory (MRO), Aalto University, Finland; диаметр антенны: 13.75 м, диаграмма направленности: 2.5'). Данные напряженности магнитного поля были получены из спутниковых наблюдений магнитограмм, на инструменте HMI (Helioseismic and Magnetic Imager), установленного на борту спутника SDO (Solar Dynamics Observatory).

Мы использовали вейвлет-преобразование (функция Морле 6-го порядка) для анализа данных и поиска периодических вариаций в исследуемых сигналах.

Мы обнаружили долгопериодические колебания напряженности магнитного поля в тени пятен и в структурах над ними по радио-данным в интервале периодов 200-400 минут.

Интерпретация полученных периодов и распространение их в более высокие слои солнечной атмосферы обсуждается в свете новых дополнений к модели «мелкого пятна» ([1],[2]), в которой присутствует мультимодовый характер колебаний солнечного пятна как целого.

- [1] Соловьев А.А., Киричек Е.А. 2008, Астрофизический бюллетень, 63, 169
- [2] Kshevetskii, S. P., Solov'ev, A. A. 2008, Astronomy Reports, Volume 52, Issue 9, pp.772-778

Основные свойства солнечных пятен

Соловьев А.А.

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

Рассматривается модель круглого униполярного солнечного пятна с нижней границей холодной плазмы и сильного поля на глубине около 4 Мм под фотосферой в соответствии с данными локальной гелиосейсмологии. Аналитически задается конфигурация магнитного поля пятна близкая к реально наблюдаемой. На основе термодинамического описания системы рассчитаны условия равновесия солнечного пятна по горизонтали и вертикали с учетом его гравитационной энергии и давления внешней среды. Получена зависимость равновесного магнитного поля в центре пятна B_0 от радиуса тени a и основных параметров фотосферы. В очень малых пятнах $B_0 = 700$ Гс, затем поле монотонно увеличивается с ростом a , стремясь при больших a к некоторой предельной величине (около 3700 Гс), которая определяется плотностью фотосферы, ускорением силы тяжести на поверхности Солнца и отношением радиуса пятна с полутенью к радиусу его тени a . Показано, что подфотосферные течения в окрестности пятна, являясь следствием, а не причиной его образования, не играют существенной роли в поддержании равновесия и устойчивости пятна. Стабильность пятна обеспечивается понижением его гравитационной энергии, вызванным перераспределением плотности массы по вертикали при образовании вильсоновской депрессии, глубина которой линейно растёт с напряженностью магнитного поля пятна. Область устойчивых равновесий пятна ограничена сверху: при a больше некоторого предельного значения (12-20 Мм в зависимости от конфигурации поля) система теряет устойчивость. Этим объясняется отсутствие на Солнце пятен очень большого размера и появление светлых мостов в крупных пятнах. Наиболее устойчивы пятна с $B_0 = 2600$ Гс и $a = 5$ Мм. Для таких пятен период их собственных колебаний, как целостных магнитных структур, минимален и составляет 12-14 часов.

Уникальная солнечная вспышка 22.09.2011

Соловьев А.А., Киричек Е.А., Ганиев В.В.

Главная астрономическая обсерватория РАН, РГПУ им. Герцена

22 сентября 2011 года в северо-восточной части солнечного диска прибор Helioseismic and Magnetic Imager (HMI) на борту Solar Dynamics

Observatory (SDO) зарегистрировал в УФ диапазоне процесс развития солнечной вспышки балла X1, сопровождавшийся необычной особенностью. В течение вспышки, которая продолжалась несколько часов, в низколежащую горячую область бурного вспышечного энерговыведения втягивалась со стороны, по пологой винтовой траектории с постепенно нарастающей скоростью, холодная плазма из области, далеко отстоящей от вспышечного волокна. Это явление не имело ничего общего с возвратными выбросами, при которых в область вспышки возвращается под действием силы тяжести горячее вещество, выброшенное ранее вдоль той же траектории. Здесь «всасывание» холодной плазмы в горячую вспышечную зону происходило вдоль скрученного магнитного жгута, располагавшегося почти параллельно фотосфере на относительно небольшой высоте. Это движение начиналось с незначительной начальной скоростью из залимбовой области и завершилось довольно быстрым внедрением первоначально холодной, но постепенно, по мере ускорения до 10-20 км/с, разогревающейся плазмы непосредственно в область вспышечного энерговыведения (эффект Хоттабыча!). Все это явление морфологически никак не похоже на процесс магнитного пересоединения в крупномасштабном токовом слое. Качественная интерпретация явления дается в рамках жгутового механизма солнечной вспышки, предполагающего образование во всплывающем из-под фотосферы магнитном жгуте областей с резко пониженной плотностью плазмы. Токовая скорость в таких местах может достигать критических значений, при которых развиваются плазменные неустойчивости, приводящие к вспышке. Такая область резко пониженной плотности (и, соответственно пониженного, несмотря на высокую температуру(!), давления газа) в «выгорающем» магнитном жгуте и могла послужить причиной появления всасывающего эффекта на одном из концов магнитного жгута вдоль тех силовых линий, которые вышли в надфотосферные слои и оказались замкнуты на достаточно удаленные участки солнечной поверхности.

**Высотная стратификация и переполюсовка солнечного
магнитного поля в 21-23 циклах по расчетам поля
в потенциальном приближении**

*Степанян Н.Н.¹, Ахтемов З.С.¹, Файнштейн В.Г.²,
Руденко Г.В.²*

¹ КРАО, Научный, Крым, Украина, e-mail: nataly@crao.crimea.ua

² ИСЗФ СО РАН, Иркутск, Россия, e-mail: vfain@iszf.irk.ru

На различных расстояниях R от центра Солнца в диапазоне $R = (1 - 2.5)R_{\odot}$ ($R_{\odot}$ – радиус Солнца) для 21-23 циклов солнечной активности получены синоптические карты распределений рассчитанной в потенциальном приближении радиальной компоненты магнитного поля B_r . В расчетах использовались магнитограммы с высоким пространственным разрешением. Для каждого синоптического оборота на различных высотах найдена широта смены преимущественного знака полярного магнитного поля. Показано, что для периодов минимума, роста и спада солнечной активности эта широта с ростом высоты приближается к экватору. Определены периоды переполюсовки полярного магнитного поля на различных высотах для северного и южного полушарий Солнца. Расчеты динамики полярного поля показывают, что переполюсовка поля происходит неоднократно. При этом время завершения переполюсовки на разных высотах различается. Начало униполярного периода в северной и южной полусфере происходит с разрывом в несколько оборотов Солнца. Для каждой долготы и отдельно для каждой полусферы Солнца радиальная компонента поля усреднялась в диапазоне широт $0^{\circ} - 40^{\circ}$. Область долгот с одинаковым знаком усредненного поля называлась сектором. Число границ между секторами на одной синоптической карте на уровне фотосферы уменьшается при переходе от максимума к минимуму активности и для всех периодов активности это число уменьшается с высотой. Установлено, что периоды вращения T_B границ между секторами могут быть меньше и больше периода кэррингтоновского вращения Солнца T_{CR} , а также совпадать с этим периодом. Оказалось, что границы с $T_B < T_{CR}$ наблюдаются на всех высотах, а границы с $T_B > T_{CR}$ наблюдаются на относительно небольших высотах. Это связано, по-видимому, с тем, что границы первого типа связаны с крупномасштабными структурами поля, а границы второго типа — со структурами меньших масштабов.

Широкополосная фильтровая линейная поляриметрия протуберанцев

Суюнова Э.З., Попов В.В., Ким И.С.

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

Представлены двумерные распределения степени линейной поляризации p , отклонения плоскости линейной поляризации от тангенциального к лимбу Солнца направления χ и знака χ для двух спокойных На протуберанцев 29.03.2006 г. Отклонения по часовой стрелке обозначены знаком «+», против часовой стрелки — знаком «-». Измеренные p (4–8%) и χ (4–28°) в интервале высот < 90'' согласуются с внеатмосферными коронографическими измерениями других авторов, лежат ниже теоретической кривой, соответствующей резонансному рассеянию в отсутствии магнитного поля. Интерпретация в рамках эффекта Ханле приводит к значениям продольных магнитных полей < 20 Гс. Двумерные распределения знака χ над NE-лимбом выявляют над вершиной протуберанца на высоте $\approx 130''$ структуру размером < 25'' с преимущественной «+» полярностью, погруженную в корону с преимущественной «-» полярностью. В рамках рассеяния на движущихся электронах это соответствует противоположной ориентации тангенциальной составляющей скорости электронов. Проводится сравнение с наблюдениями в радиодиапазоне. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта No 11-02-00631 а.

Долговременные вариации характеристик солнечных пятен в циклах активности

Тлатов А.Г., Откидычев П.А.

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

Выполнен анализ относительного изменения числа пятен и групп солнечных пятен в циклах активности по данным Кисловодской Горной станции и международным индексам. Получены следующие закономерности: 1) Относительная доля пятен малой площади ($S < 30$) N_{small}/N_{all} линейно падает, а относительная доля больших пятен N_{large}/N_{all} ($S > 700$) возрастает ростом с амплитуды цикла активности W_{max} . 2) Изменение среднего числа ядер приходящихся на одну группу ($S > 30$) носит характер долговременного тренда и уменьшилось от ~ 12 в 19-м цикле до $\sim 7,5$ в 24-м цикле. 3) В период 10-22 циклов среднее число групп солнечных

пятен в день в четных циклах было меньше чем в последующих нечетных циклах $N_{odd}/N_{even} > 1$, что соответствует правилу Гневашева-Оля. Однако, в период с 1610 г. это соотношение может принимать значения меньше единицы и имеет характер циклический долговременных вариаций.

Нерадиальность распространения солнечных корональных стримеров и вариации космических лучей

Тлатов А.Г.

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

Предложен метод оценки величины нерадиальности распространения солнечных корональных стримеров и солнечного ветра, по данным наблюдений фотосферного магнитного поля. Для этого вычислялся средний угол Δ_R отклонения силовых линий магнитного поля в короне к радиальному направлению. Вычисления проводятся на высотах близких к поверхности источника $r \sim 1.2 - 2 \cdot R_o < R_s$. На этих высотах в эпоху минимума активности силовые линии магнитных полей в основном наклонены к солнечному экватору, а в максимуме близки к радиальному направлению. Сопоставление с наблюдениями отклонения направления корональных стримеров по данным коронографов период 1980–2009 гг. показало хорошее соответствие вычисляемого параметра с наблюдениями. В период 1975–2012 гг. изменение параметра нерадиальности Δ_R близко к изменению интенсивности космических галактических лучей, что может свидетельствовать о физической связи между этими параметрами.

Сравнительный анализ распределение скорости и напряженности магнитных полей в ядрах и полутени солнечных пятен

Тлатов А.Г., Васильева В.В.

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

Разработана программа автоматического выделения границ полутени и ядер солнечных пятен. По данным HMI/SDO в период 2010–2012 гг. выполнено совмещение границ ядер и полутени магнитограммах и доплерограммах, полученных в тот же момент, и проведены соответствующие измерения напряженности магнитного поля и поля полей скорости. Всего исследовано около ~ 5000 полутеней и ~ 7000 ядер солнечных пятен. В частности определены усредненные характеристики отклонения вектора направления магнитного поля к горизонтали потоком Эвершеда в полутени. Приводятся характеристики магнитных полей и поля скорости в зависимости от площади, широты, контраста и др. характеристик солнечных пятен.

Феноменологическая модель генерации магнитного поля Солнца винтовым динамо механизмом

Тлатов А.Г.

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

В настоящее время считается, что генерация магнитного поля Солнца происходит в результате дифференциального вращения. В результате из полоидального магнитного поля формируется тороидальное поле, сосредоточенное сферической оболочке у основания конвективной зоны. Вместе с тем наблюдаемые поля на фотосфере представлены в виде локальных силовых трубок магнитного поля относительно малого размера. Другая проблема заключается в том, что величина первичного полоидального поля составляет порядка несколько гаусс, а интенсивность наблюдаемых полей пятен несколько килогаусс. Есть основания считать, что в зоне генерации напряженность поля еще на несколько порядков выше. Однако вследствие ω -эффекта в течение цикла коэффициент усиления поля не превышает одного-двух порядков.

Для решения этих проблем представлена модель генерации поля отличная от ω -эффекта. В ней рассмотрена возможность генерации магнитного поля локальными вихревыми потоками у основания конвективной

зоны. Цикл генерации магнитного поля в данной модели можно представить в виде последовательности процессов. Первоначально, поверхностное магнитное поле вследствие дифференциального вращения преобразуется в тороидальное и меридиональным потоком переносится к основанию конвективной зоны на высоких широтах. Вблизи основания конвективной зоны существуют вихри с осью вращения направленной азимутально, подобные вихрям Тейлора. Это приводит к генерации локальных скрученных силовых трубок вследствие винтового динамо. Рост магнитного поля приводит к всплытию петель. В процессе всплытия и вытягивания азимутальное поле силовых трубок преобразуется в аксиальное и достигает поверхности в виде биполей солнечных пятен. Из них формируется поверхностное поле и цикл повторяется. Т.о. в данной модели основной механизм генерации связан с предполагаемыми вихрями, преобразующими азимутальное поле в винтовое и обратного процесса преобразования азимутального поля в аксиальное при всплытии и расширении петель.

Вращение Земли и геомагнитная буря «Halloween Storm»

Трофимов Д.А., Петров С.Д.

*СПбГУ, Санкт-Петербург, e-mail: dm.trofimov@gmail.com,
e-mail: petr0v@mail.ru*

Исследуется связь между солнечной активностью и декадными вариациями продолжительности суток. Обнаружено изменение скорости вращения Земли, синхронное по времени с крупнейшей за последнее время геомагнитной бурей, получившей собственное имя «Halloween Storm» и необъяснимое имеющимися геофизическими теориями (влияние атмосферы и океана), показывающими в иных случаях близость к наблюдательным данным. Показана уникальность подобного изменения, отсутствие подобных изменений на протяжении длительного времени до и после бури. Показано, что энергия бури достаточна для совершения подобных изменений, однако возможный механизм возбуждения изменения продолжительности суток остается неизвестным. Выдвинуты предположения о природе этого механизма.

Асимметрия профилей линии FeX 6374 в активных областях по наблюдениям на краю Солнца.

Тягун Н.Ф.

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

До недавнего времени практически во всех исследованиях корональной плазмы по спектрам в качестве обязательного шага применялась процедура аппроксимации наблюдаемых контуров линий кривой Гаусса. Однако, наблюдения с Большим Внезатненным Коронографом (БВК) Саянской Обсерватории с дисперсией спектрографа 0,95–0,98 Å/мм надёжно свидетельствуют, что подавляющее большинство контуров линий излучения короны не являются правильными гауссианами. Следовательно, отклонения профилей линий от нормальной кривой, обусловленные физикой корональной плазмы на луче зрения и теряемые при аппроксимации, приводят к потере информации об этой физике. Улучшения техники наблюдательного эксперимента в космосе в последнее время способствовали появлению ряда работ базирующихся на изучении именно формы профиля линии. Исследования проводятся в коротковолновом диапазоне и в большинстве своём — по наблюдениям на диске. Результаты показывают, что, начиная от границы переходного слоя и далее в короне, профили имеют преимущественно синюю асимметрию. В качестве причин, вызывающих синюю асимметрию рассматриваются волны, спиккулы типа II, ветер, зарождающийся в основании короны, движения в петлеобразных структурах. Ранее нами по наблюдениям с БВК было показано, что профили линии FeX 6374 на всех широтах в подавляющем большинстве асимметричны и асимметрия эта преимущественно синяя. По литературным данным имеется подтверждение о явлении преимущественной синей асимметрии и для FeXIV 5303 на всех широтах по затменным наблюдениям. В настоящей работе по наблюдениям с БВК проведены исследования профилей FeX 6374 по ходу с высотой в короне над двумя активными областями (пятна) до высот $h = 2'$ (~87000 км над краем диска). Оказалось, что имеется зависимость от степени активности области. Над зарождающейся группой пятен существенно больше половины контуров асимметричны. Из них ~87% с красной асимметрией. Имеется тенденция к увеличению симметричных с высотой. Над развитой группой асимметричные составляют примерно половину, 60% из которых — с красной асимметрией. Количество с определённым признаком симметрии колеблется с высотой. Таким образом, полученные результаты не совпадают с тем, что было установлено ранее по наблюдениям короны как над краем диска, так и в центре в EUV-диапазоне, хотя асимметрия контуров над лимбом и в центре может иметь существенно разные причины.

**Связь изменений параметров солнечного ветра
с жесткостью геомагнитного обрезания космических
лучей в периоды геомагнитных возмущений**

Тясто М.И.¹, Данилова О.А.¹, Сдобнов В.Е.²

¹ *Санкт-Петербургский филиал ИЗМИРАН*

² *Институт солнечно-земной физики СОРАН*

Магнитосфера формируется в результате взаимодействия солнечного ветра с магнитным полем Земли, поэтому основные черты ее динамики, связанной с поджатием магнитопаузы солнечным ветром и с развитием или распадом основных токовых систем должны отражаться в жесткостях геомагнитного обрезания (геомагнитных порогах), которые играют роль регуляторов прихода частиц извне. Главным фактором, определяющим размер магнитопаузы, является давление солнечного ветра.

Мы рассмотрели связь изменений жесткостей геомагнитного обрезания, рассчитанных теоретически в магнитном поле магнитосферы модели Ts01 и полученных методом спектрографической глобальной съемки по экспериментальным данным, с динамическим давлением, плотностью и скоростью солнечного ветра в периоды 4 выдающихся магнитных бурь 24 цикла солнечной активности и умеренной бури в январе 1997 г.

**Динамика пространственного распределения
электронов и характеристик их гиротронного
излучения в коллапсирующей магнитной ловушке**

Филатов Л.В.¹, Мельников В.Ф.^{2,1}, Горбиков С.П.¹

¹ *Научно-исследовательский радиофизический институт, Нижний
Новгород, e-mail: filatovlv@narod.ru*

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

Для расчета интегральных изменений в энергетическом и pitch-угловом распределениях электронов в коллапсирующей магнитной ловушке ранее использован метод пробной частицы (Богачёв С.А., Сомов Б.В. Письма в АЖ, 2005; 2007). Однако, этот метод не даёт возможности получить информацию о пространственной динамике энергетического и pitch-углового распределений ускоренных электронов. Вместе с тем, эта информация важна для интерпретации современных микроволновых и жестких рентгеновских наблюдений вспышечных петель с высоким пространственным разрешением. В предлагаемой работе эта возможность реализована

путем численного решения нестационарного кинетического уравнения в приближении Фоккера-Планка. В результате проведенных вычислительных экспериментов получены нестационарные распределения электронов по энергии, pitch-углу и положению в петле для различных законов эволюции неоднородного магнитного поля в коллапсирующей ловушке.

Нестационарное изменение величины и структуры магнитного поля ловушки приводит как к изменению конуса потерь, так и к дополнительному ускорению электронов посредством бетатронного механизма и механизма ускорения Ферми 1-го рода. Эти изменения влекут за собой изменение пространственной структуры и динамики интенсивности, поляризации и частотного спектра гиросинхротронного излучения. Показано, в частности, что изменение магнитного поля в процессе коллапса приводит к общему возрастанию радиояркости петли. На этом фоне специфический вклад бетатронного ускорения проявляется в опережающем росте интенсивности излучения центральной части петли.

Условия эффективности бетатронного ускорения электронов во вспышечных петлях

Филатов Л.В.¹, Мельников В.Ф.^{2,1}, Горбиков С.П.¹

¹ *Научно-исследовательский радиофизический институт, Нижний Новгород, e-mail: filatovlv@narod.ru*

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

Известно, что нестационарное изменение магнитного поля в солнечной вспышечной петле может приводить к ускорению электронов посредством бетатронного механизма. Очевидно, что при определенных условиях этот механизм может и не приводить к ускорению, например из-за больших потерь энергии при кулоновских столкновениях. В работе (Богачёв С.А., Сомов Б.В. Письма в АЖ, 2009) данный эффект исследован в рамках одночастичного приближения.

В настоящем докладе эти условия находятся на основе численного интегрирования кинетического уравнения в приближении Фоккера-Планка, учитывающего нестационарный режим инжекции энергичных электронов в ловушку и их кулоновские столкновения с фоновой плазмой. Найдены диапазоны энергии электронов, плотности плазмы и скорости изменения магнитного поля, при которых бетатронный механизм оказывается эффективным для ускорения и накопления электронов в ловушке.

Ускорение частиц и нагрев плазмы в солнечных вспышках

Флейшман Г.Д.

ФТИ им. А.Ф. Иоффе, С.-Петербург, & NJIT, Newark, NJ
e-mail: gregory@sun.ioffe.rssi.ru

В предлагаемом кратком обзоре проблемы ускорения частиц и нагрева плазмы в солнечных вспышках я предполагаю сосредоточиться на новой информации получаемой в последнее время главным образом благодаря количественному использованию микроволновых наблюдений, которые существенно дополняют и обогащают более традиционные рентгеновские данные. В частности, анализ микроволнового излучения предвспышечной фазы, которая выглядит как тепловая в рентгеновском диапазоне [1], выявляет наличие нетепловой популяции электронов, ускоренных до нескольких МэВ и имеющих довольно жесткие спектры [2]. Это может означать, что хотя механизм ускорения «уже готов к эффективной работе», количество «затравочных» электронов, инжектированных из теплового фона в режим ускорения аномально мало. Аналогичный вывод о том, что за **инжекцию** частиц из теплового фона в режим ускорения и за последующее их **ускорение** до высоких энергий отвечают **физически различные механизмы**, с необходимостью приходится делать и из анализа микроволновых данных на импульсной фазе вспышек. В качестве иллюстрации в докладе анализируются две вспышки, в одной из которых никакого нагрева плазмы не наблюдалось, а практически все имеющиеся электроны перешли в ускоренную компоненту, тогда как во втором случае нагрев был очень существенный, а в нетепловую компоненту перешло не более 10% тепловых электронов. Эти наблюдения указывают на возможную роль регулярных электрических полей и квазиджоулевых потерь соответствующих электрических токов в процессе распределения вспышечной энергии между тепловой и нетепловой компонентами. В заключение, я рассматриваю различные механизмы ускорения, способные объяснить описанную картину, включая новый механизм ускорения частиц *гиротропной* турбулентностью, которая с необходимостью возникает на фоне непотенциального магнитного поля в области вспышки.

[1] Battaglia, M. et al. 2009, A&A, 498, 891

[2] Altyntsev, A. T., et al. 2012, ApJ, submitted

Влияние излучения на затухание магнитозвуковых волн в солнечной короне

Хонгорова О.В.¹, Веселовский И.С.^{2,3}, Михалев Б.Б.¹

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

²НИИ ядерной физики им. Д.В. Скобельцына МГУ

³Институт космических исследований РАН, Москва

Радиационное затухание линейных волн зависит от локального поведения функции радиационных потерь $\Lambda(T)$, определяемого показателем α , $\Lambda \sim T^\alpha$. Солнечная корона характеризуется сложной зависимостью интенсивности излучения от температуры [1]. Замечено, что в интервале температур $T \approx 10^{6.3} - 10^7$ К, где корональные петли наблюдаются в рентгеновском диапазоне, время радиационного охлаждения петель мало по сравнению со временем охлаждения вследствие теплопроводности, $\tau_{\text{rad}}/\tau_{\text{cond}} \sim 10^{-2}$. В интервале $T \approx 10^6 - 10^{6.3}$ К, где петли наблюдаются в ультрафиолетовом диапазоне, отношение имеет обратный характер, $\tau_{\text{cond}}/\tau_{\text{rad}} \sim 10^{-2}$ [2, 3].

Эти данные позволяют по-иному взглянуть на роль радиационного охлаждения на поведение магнитозвуковых волн в солнечной короне. Решение дисперсионного уравнения в приближении радиационной МГД показывает, что для типичных корональных условий коэффициент затухания быстрых магнитозвуковых волн имеет резкий максимум около значения $\alpha \approx 0$, характерного для интервала $T \approx 10^6 - 10^{6.3}$ К [4]. В интервале температур $T \approx 10^{6.3} - 10^7$ К радиационное затухание мало, что известно из других расчетов [5].

- [1] Rosner R., Tucker W. H., Vaiana G. S. // *Astrophys. J.*, 1978, v. 220, p. 643.
- [2] Aschwanden M. J., Newmark J. S., Delaboudiniere J.-P., et al. // *Astrophys. J.*, 1999, v. 515, p. 842.
- [3] Aschwanden M. J., Terradas J. // *Astrophys. J.*, 2008, v. 686, p. L127.
- [4] Михалев Б. Б., Веселовский И. С., Хонгорова О. В. // *Астрон. вестник*, 2012, т. 46, № 6 (в печати).
- [5] Степанов А. В., Копылова Ю. Г., Цап Ю. Т. и др. // *Письма в Астрон. журн.*, 2004, т. 30, № 7, с. 530.

**Временные задержки жесткого рентгеновского
излучения солнечных вспышек: ускорение
и распространение заряженных частиц**

Чариков Ю.Е.

*Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН,
Санкт-Петербург, e-mail: y.charikov@yandex.ru*

Проведен анализ задержек (опережений) скоростей счета рентгеновского излучения солнечных вспышек, измеренного в различных энергетических каналах спектрометра BATSE, установленного на спутнике CGRO. Проанализировано более 100 вспышек различного рентгеновского класса С,М,Х. Данные спектрометра BATSE представлены в 16 энергетических каналах с временным разрешением 16 мс и в 4 каналах с разрешением 64 мс. Выявление задержек (опережений) проводится различными методами — построением взаимно-корреляционной функции скоростей счета анализируемых энергетических каналов, вычислением производной скорости счета в разных каналах, сравнением времен достижения максимальных значений скоростей счета. Предварительно проводится временное усреднение рядов данных методом скользящего среднего. Времена задержек излучения в канале 20–33 кэВ по отношению к излучению в каналах с энергией большей 57 кэВ составляют диапазон от нескольких секунд до нескольких мс. В заключение обсуждаются возможные механизмы опережений (задержек) жесткого рентгеновского излучения солнечных вспышек.

**Динамика пучка ускоренных электронов
и диагностика вспышечной плазмы
по результатам анализа ЖРИ, зарегистрированного
спектрометром BATSE**

Чариков Ю.Е.¹, Ватагин П.В.^{1,2}, Кудрявцев И.В.^{1,2}

¹ *Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН,
Санкт-Петербург, e-mail: y.charikov@yandex.ru*

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

Проведен анализ временной структуры ЖРИ солнечных вспышек, зарегистрированных в период 1991–2000 гг. спектрометром BATSE, установленном на спутнике CGRO. На основе анализа сотен вспышек выявлены

различные временные структуры ЖРИ, представляющие собой как одиночные импульсы секундной длительности, так и структуры с многочисленными импульсами миллисекундной длительности, суперпозирующие друг с другом. Интерпретация подобных структур проводится на основе кинетической модели эволюции пучка ускоренных электронов с учетом ленгмюровской турбулентности в плазме вспышечной области при задании концентрации и температуры. Для конкретных вспышек, зарегистрированных BATSE, моделируется структура ЖРИ для заданного источника электронов. Показано, что в случае сверхтонкой временной структуры ЖРИ пучок электронов должен иметь подобный временной профиль, причем тормозное излучение должно генерироваться в плазме высокой концентрации — 10^{13} см^{-3} . Температура при этом является менее критичным параметром и может меняться от $2 \cdot 10^6$ до 10^7 К . Временная зависимость плотности энергии ленгмюровской турбулентности соответствует временному профилю пучка электронов. Рассчитывается радиоизлучение от слияния ленгмюровских волн для данных вспышек.

Спектрально–временной анализ ЖРИ солнечных вспышек, зарегистрированных на спутниках CGRO и КОРОНАС-Ф

Чариков Ю.Е.¹, Огурцов М.Г.¹, Костюченко И.Г.²

¹ *Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН,
Санкт-Петербург, e-mail: y.charikov@yandex.ru*

² *Институт Теоретической и Экспериментальной физики РАН,
Москва,*

Рентгеновский спектрометр BATSE, установленный на спутнике CGRO, регистрировал жесткое рентгеновское излучение в диапазоне энергий от 20 кэВ до МэВ с временным разрешением 16 мс, 64 мс, 2,028 с в период с 1991 по 2000 гг. Визуальный анализ обнаруживает временные профили ЖРИ солнечных вспышек в виде одиночных импульсов секундной длительности и многоимпульсные структуры с характерной длительностью отдельного импульса порядка сотен мс. В данной работе в качестве примера представлены результаты выявления и исследования характеристик субсекундной временной структуры ЖРИ вспышки 20 августа 2002 года. Рассмотрены различные фазы эволюции ЖРИ, в которых проявляется тонкая структура. На субсекундных (длительность менее 1 секунды) масштабах в каналах 21–41 кэВ и 41–77 кэВ значимые временные

вариации проявляются в виде: (а) отдельных мощных импульсов с масштабами 0.01–0.1 секунды. Они возникают, в основном, вне активной фазы события и возникают, как правило, одновременно в обоих каналах. (б) последовательностей из 4–12 колебаний с периодами ~ 0.1 с, 0.18–0.25 с, ~ 0.4 с. Значимость соответствующих пиков спектров Фурье, рассчитанных для промежутков, в течение которых указанные квазипериодичности существуют, достигает уровня 0.99 и выше. Синхронности между субсекундными последовательностями, возникшими в различных каналах, не наблюдается. В более энергичных каналах значимые временные вариации проявляются в виде последовательности из 4 достаточно мощных колебаний с периодом ~ 0.4 с. Значимость соответствующих пиков спектров Фурье существенно превышает уровень 0.999. В заключение рассматриваются вопросы связи тонкой временной структуры ЖРИ с проблемой ускорения электронов в солнечных вспышках.

Сложные жгуты волокон в диапазоне 180–270 МГц в явлении 12 февраля 2010 года

*Чернов Г.П.¹, Фомичев В.В.¹, Горгуца Р.В.¹,
Маркеев А.К.¹, Соболев Д.Е.¹, Хилларис А.³,
Алиссандракис К.Е.²*

¹Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В.Пушкова РАН (ИЗМИРАН), Троицк, Москва, 142190, ²Section of Astrophysics, Astronomy & Mechanics, Department of Physics, University of Athens, Panepistimiopolis 157 84, Zografos, Greece, ³Section of Astro-Geophysics, Department of Physics, University of Ioannina, 45110 Ioannina, Greece, e-mail: gchernov@izmiran.rssi.ru

В ходе дня 12 февраля 2010 г. спектрограф ИЗМИРАН (25–270 МГц) зарегистрировал три больших группы всплесков III типа, и после каждой группы на фоне невысокого континуума появлялась необычная тонкая структура. Согласно данным радиогелиографа Нансэ, источники всех трех групп всплесков располагались в одной активной области 11046 и их излучение сопровождалось всплесками в мягком рентгене (GOES): в 07:21 UT C7.9, в 09:40 UT B9.6 и в 11:25 UT M8.3. После первой группы всплесков наблюдались классические волокна (fiber bursts) в сочетании с обратнотрейфующими волокнами с необычным дугообразным дрейфом. После третьей (самой мощной) группы наблюдались стабильные секундные пульсации и необычные медленнодрейфующие волокна. Мгновенная полоса частот у них на порядок превышала полосу

частот классических волокон, а частотный дрейф был в несколько раз меньше. Сложные жгуты волокон (типа fiber bursts) наблюдались в самой слабой группе в интервале 09:40:30 – 09:42:00 UT. Они представляют собой узкополосные (0.5 МГц) волокна, периодически повторяющиеся в небольшой полосе частот (5–6 МГц) в течение нескольких секунд. В данном явлении мы наблюдаем множество хаотически дрейфующих жгутов, пересекающихся и накладывающихся друг на друга. Ранее одиночный жгут строго периодических волокон связывался с захватом частиц (ускоренных в ударном фронте) в небольшую ловушку между вторым ударным фронтом или передним краем коронального выброса массы (КВМ). Для данного явления необходимо предположить существование множества мелких ударных фронтов за передним краем КВМ.

Взаимосвязь динамических характеристик Солнца и климатической системы

Чужин В.В., Кузьминых Е.В.

*РГГМУ, Лаборатория метеотехнологий, Санкт-Петербург,
e-mail: chukin@meteolab.ru*

В данной работе анализируется связь динамических характеристик солнечных процессов и климатической системы. На основе фрактального анализа временных рядов среднемесячных значений чисел Вольфа, глобальной приземной температуры воздуха и глобального влагосодержания атмосферы показано, что в периоды низкой солнечной активности климатическая система более устойчива, чем при высокой активности Солнца.

Суть предлагаемого подхода к анализу солнечно-земных связей заключается в оценке фрактальной размерности временных рядов среднемесячных значений, соответствующих периодам минимальной или максимальной солнечной активности, с помощью R/S-метода [1].

Результаты проведенного фрактального анализа временных рядов чисел Вольфа (W) [2], характеризующих солнечную активность, показали сильную корреляцию со значениями их фрактальной размерности (D_W). Это свидетельствует о том, что временной ряд D_W хорошо отражает структуру динамических процессов на Солнце и может быть использован для проведения сопоставлений с динамическими параметрами климатической системы.

Рассчитанные значения фрактальных размерностей временных рядов среднемесячных значений глобальной приземной температуры (T) и влагосодержания атмосферы (PWV), полученных по данным проекта ISCCP

[3], показали, что периодам минимума солнечной активности соответствуют большие значения их фрактальных размерностей (D_C), и наоборот.

Подводя итог можно сказать, что использование фрактального анализа позволяет получать принципиально новую информацию о динамических характеристиках солнечных и климатических процессов, в частности: в периоды относительно спокойных гелиофизических условий климатическая система наиболее устойчива ($D_C \approx 2.2$); повышение солнечной активности сопровождается увеличением неустойчивости климатической системы ($D_C < 2.2$); переход климатической системы через точку бифуркации возможен только в периоды высокой солнечной активности ($D_C \leq 1.5$).

- [1] Петерс Э. Фрактальный анализ финансовых рынков. Применение теории Хаоса в инвестициях и экономике. М.: Интернет-трейдинг, 2004, 304 с.
- [2] Royal Greenwich Observatory Sunspot Data, [http://solarscience.msfc.nasa.gov/greenwch/spot_num.txt]
- [3] Hahn C.J., Rossow W.B., Warren S.G. ISCCP cloud properties associated with standard cloud types identified in individual surface observations // J. Climate, 2001, v. 14., p. 11.

Динамика меры эмиссии и жесткое рентгеновское излучение в солнечных вспышках

Шарыкин И.Н., Струминский А.Б.

Институт космических исследований, Москва,
e-mail: ivan.sharykin@phystech.edu

Принимая во внимание теоретические зависимости вида $EM \sim B^{-5}T^{17/2}$ [1] традиционно рассматривают диаграммы $\log(EM) - \log(T)$ [2]. Здесь рассматриваются же диаграмма $\log(EM) - T$ для вспышек балла больше X1. Выделяется три типа солнечных вспышек, которые мы называем, следуя аналогии с диаграммой Герцшпрунга-Рассела, «главной последовательностью», «белыми карликами» и «красными гигантами». «Главная последовательность» - вспышки, в которых мера эмиссии, соответствующая максимальной температуре, аппроксимируется зависимостью $EM = A_1 * \exp(T_{max}/t_1) + y_0$. «Белые карлики» - компактные вспышки с относительно большой максимальной температурой и малой мерой эмиссии. «Красные гиганты» - вспышки с большими петлями (в

пределе открытыми), которым характерны относительно малая максимальная температура и большая мера эмиссии.

Мы выделяем три различных стадии развития солнечных вспышек: одновременный рост температуры и меры эмиссии; рост меры эмиссии при падении температуры; одновременный спад температуры и меры эмиссии. Мощные всплески жесткого рентгеновского излучения, а, следовательно, и эпизоды ускорения электронов наблюдаются на любых стадиях. Обсуждаются условия нагрева вспышечной плазмы ускоренными электронами в характерных событиях каждого типа на различных стадиях.

[1] Shibata K., Yokoyama T. // *Astrophys. J.*, 1999, v. 526, p. 49.

[2] Лившиц М.А., Бадалян О.Г. // *Астрон. журн.*, 2004, т. 81, с. 1138.

Особенности спорадического радиоизлучения, предшествующего геоэффективным корональным выбросам массы

Шейнер О.А., Фридман В.М.

*Научно-исследовательский радиофизический институт, Нижний
Новгород, e-mail: rfj@nirfi.sci-nnov.ru*

Проведено рассмотрение спорадического радиоизлучения, предшествующего регистрации геоэффективных корональных выбросов массы, по данным широкодиапазонных патрульных наблюдений Солнца, охватывающих сантиметровый, дециметровый и метровый диапазоны длин волн, в отдельные периоды XXI–XXIII циклов солнечной активности.

На основе статистического анализа выявлены закономерности характеристик спорадического микроволнового излучения на двухчасовом интервале до регистрации на коронографах геоэффективных корональных выбросов массы, определяемых как радиопредвестники таких корональных выбросов массы.

Установленные закономерности заключаются в наличии широкополосного сантиметрового-дециметрового радиоизлучения с длительностью более 10 мин на стадии, предшествующей регистрации корональных выбросов массы типов петля, гало и частичное гало, обладающих наибольшей потенциальной геоэффективностью.

Таким образом, наличие радиопредвестников с установленными закономерностями может служить прогностическим признаком геоэффективности корональных выбросов массы.

**Давление солнечной радиации как механизм ускорения
атомов и первых ионов
с низкими потенциалами ионизации**

Шестакова Л.И.

*Астрофизический Институт им.В.Г. Фесенкова, Алма-Ата,
Казахстан e-mail: shest1952@mail.ru*

Представлены расчеты светового давления солнечного излучения на атомы и первые ионы элементов с известными силами осцилляторов. Показано, что для некоторых из них давление радиации превосходит действие гравитации, и они могут быть разогнаны световым давлением до различных, в том числе и больших, скоростей.

Сравнение результатов со значениями потенциалов ионизации обнаруживает совпадение максимумов радиационного давления на нейтральные атомы с минимумами потенциалов первой ионизации (FIP). Еще яснее такая связь выглядит для первых ионов: минимумы потенциалов следующей ионизации совпадают с рядом ионов, подобных BeII, MgII, CaII и соседними с ними элементами больших номеров.

Согласно нашим расчетам, оказалось, что максимумы радиационного давления в точности соответствуют положению BeII – подобных ионов. Таким образом, возможным механизмом ускорения pickup ions и energetic neutral atoms (ENA), исходящих от внутреннего источника (зодиакальной пыли и sungrazing comets) может быть радиационное давление. Такие облака газа, образовавшиеся в результате распада вблизи Солнца комет или метеорных потоков, могут в дальнейшем ускоряться достигать орбиты Земли в составе солнечного ветра.

Дважды ионизованные атомы имеют резонансные линии в УФ области, где давление солнечной радиации не может оказывать заметного влияния на динамику частиц, поэтому предложенный механизм ускорения можно применить только к нейтральным атомам и первым ионам с низкими потенциалами следующей ионизации.

Тезисы, поступившие с запозданием

Долгопериодические пульсации теплового
микроволнового излучения солнечной вспышки
по данным с высоким пространственным разрешением

Куприянова Е.Г.¹, Мельников В.Ф.^{1,2}, Пузыня В.М.²

¹ Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,
Санкт-Петербург, e-mail: elenku@bk.ru

² Научно-исследовательский радиофизический институт, Нижний
Новгород

Проведено исследование квазипериодических вариаций интенсивности и поляризации микроволнового излучения одиночной вспышечной петли в событии 2 июня 2007 г по наблюдениям на Радиогелиографе Нобеяма (NoRH) с высоким пространственным разрешением на частотах 17 ГГц (R+L, R-L) и 34 ГГц (R+L). Временные профили микроволнового излучения содержат короткий импульсный всплеск и следующую за ним длительную плавную компоненту [1].

Установлено, что в интегральном по всей вспышечной области потоке излучения в плавной компоненте наблюдаются квазипериодические колебания (КПК). Наиболее выраженными на частоте 17 ГГц является спектральная компонента с периодом 180 с, а на частоте 34 ГГц — с периодом 130 с. Показано, что в канале интенсивности колебания в вершине имеют фазовую задержку относительно колебаний в южном основании петли; задержка проявляется как в колебаниях на 17 ГГц, так и на 34 ГГц. В поляризации на 17 ГГц колебания трансформируются в квазипериодическую последовательность импульсов, происходящих в противофазе в вершине и южном основании петли. Обсуждаются физические причины обнаруженных особенностей КПК, а также варианты механизмов КПК, в том числе эффект «просачивания» p -мод в корональную петлю.

- [1] Пузыня В.М., Мельников В.Ф. Взаимосвязь тепловой и нетепловой компонент микроволнового излучения вспышечной петли. // Труды Пулковской конференции «Солнечная и солнечно-земная физика 2010», 3-9 октября 2010 г., ГАО РАН, СПб, СС.335-338.

Генерация надтепловых протонов в хромосфере (механизм, альтернативный «пересоединению»)

Алексеева Л.М.¹, Кшевецкий С.П.²

¹ Научно-исследовательский институт ядерной физики
имени Д.В. Скобельцына

МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, e-mail: liliialeks@yandex.ru

² Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта,
Калининград, e-mail: renger@mail.ru

Изучаются последствия контакта между разнополярными областями горизонтального магнитного поля в изначально неподвижной плазме с температурой 50000 К ($\beta = 1.6$ и 1.5). Принимая, что физические величины не меняются вдоль его параллельных прямых линий, мы решаем двумерную задачу с начальными условиями для полной системы нелинейных уравнений столкновительной МГД с учетом электро- и теплопроводности. (Принятое предположение исключает из рассмотрения пересоединение магнитных силовых линий, поскольку скорость плазмы неодинакова вдоль пересоединившейся линии.) Благодаря использованию обобщенных функций, численный метод позволяет дольше отслеживать развитие неустойчивости — природного пинч-эффекта. В условиях нелинейности на короткое время (0.2 с из прослеженных 17 с) вблизи перетяжки возникали очень быстрые потоки плазмы, когда кинетическая температура протонов достигала 0.5 и 100 МК соответственно (энергии протона в 44 эв и 9.9 кэв); что похоже на появление пучка быстрых дейтериевых ионов, создающих «нетермоядерные» нейтроны в лабораторном Z-пинче. «Взрыв скорости» имел место, когда разнополярные области находились *одна под другой*, а начальные магнитное и газовое давления были сбалансированы на треть; его не было при расположении областей *рядом на одной высоте*, так как плазма вблизи перетяжки тонула. Взрыв скорости вообще не происходил при отсутствии баланса давлений в начальный момент. Подобной энергетизации хромосферной плазмы можно ждать, когда две магнитные трубки с противоположным полем на излете всплывания оказываются друг под другом, а также когда «свежее», еще не успевшее сбалансироваться, магнитное поле попадает в область «старого».

**Подготовка баз данных солнечной активности
бюллетеня «Солнечные данные»**

***Алиев А.Х., Кирпичев Р.В., Коломийцев С.Н.,
Скорбеж Н.Н., Пархоменко А.В., Тлатов А.Г.***

*Кисловодская Горная станция ГАО РАН, Кисловодск,
e-mail: solar@megalog.ru*

Выполнена оцифровка и таблиц данных о солнечной активности, представленных в бюллетене «Солнечные данные». Таблицы охватывают различные проявления солнечной активности, такие как характеристики волокон и протуберанцев по наблюдениям в линии с 1959 г. по настоящее время, хромосферные вспышки, по наблюдениям в линии H_{α} , характеристики быстрых процессов, ежедневные данные уровня радиоизлучения в различных спектральных диапазонах и характеристики солнечных вспышек в радиодиапазоне, данные о солнечной короне с 1954 г. Эти данные дополняют электронную базу данных бюллетеня «Солнечные данные» (<http://www.gao.spb.ru>) охватывающую период с 1994 г. по настоящее время. Представлен анализ солнечной активности по этим данным в период 19–24 циклов активности.

Оглавление

<i>Абдусаматов Х.И., Лаповок Е.В., Ханков С.И.</i> Влияние вариаций альбедо Бонда и его компонент на изменение энергетического баланса Земли	3
<i>Абдусаматов Х.И., Лаповок Е.В., Ханков С.И.</i> Влияние изменения площади облачного покрова на альбедо Бонда и климат Земли .	4
<i>Абрамов-Максимов В.Е., Боровик В.Н., Опейкина Л.В.</i> Эволюция микроволнового излучения активной области NOAA 11263 перед вспышкой X6.9 (август, 2011 г)	5
<i>Абрамов-Максимов В.Е., Ефремов В.И., Парфиненко Л.Д., Соловьев А.А., Шибасаки К.</i> Долгопериодные колебания солнечных пятен по одновременным наблюдениям на радиогелиографе Нобеля и <i>SDO</i>	6
<i>Авакян С.В.</i> Солнечно-геомагнитная активность и энергетика современного изменения климата	6
<i>Авакян С.В.</i> Возможные подходы к среднесрочным прогнозам погоды с учетом солнечно-геомагнитной активности	8
<i>Алисандракис К.Е., Богод В.М., Кальтман Т.И., Тохчукова С.Х.</i> Свойства мелкомасштабной компоненты (хромосферной сетки) по многоволновым наблюдениям на РАТАН-600	9
<i>Астапов И.И., Барбашина Н.С., Богданов А.Г., Михайленко А.С., Петрухин А.А., Шутенко В.В., Яшин И.И.</i> Исследование геомагнитных бурь, вызванных процессами на Солнце и в гелиосфере, по данным мюонного годоскопа УРАГАН	10
<i>Астапов И.И., Ампилогов Н.В., Барбашина Н.С., Борог В.В., Компаниец К.Г., Чернов Д.В., Яковлева Е.И.</i> Регистрация солнечных магнитных облаков в гелиосфере в потоке мюонов космических лучей	11
<i>Бадалян О.Г., Лившиц М.А.</i> Влияние топологии активных областей на излучение короны в солнечном цикле	13
<i>Бадалян О.Г.</i> Пространственные «структуры» N-S асимметрии в линии 530.3 и в магнитных полях	13
<i>Бадалян О.Г., Блудова Н.Г.</i> Связь яркости линии 530.3 нм с магнитными полями разных масштабов и площадями пятен	14
<i>Балыбина А.С., Караханян А.А.</i> Учет солнечной активности в регрессионной модели прироста хвойных Восточной Сибири . . .	16
<i>Баранов А.В.</i> Несовпадение экстремумов профилей Стокса круговой и линейной поляризации и положений компонент расщепления магнитоактивных линий	16

<i>Баранов А.В., Можаровский С.Г.</i> Аномальное расщепление линий V I $\lambda\lambda$ 6058.1 и 6111.6 Å в спектре тени крупного солнечного пятна	18
<i>Барановский Э.А., Брунс А.В., Таращук В.П., Владимирский Б.М.</i> Роль межпланетного магнитного поля в реализации солнечно-земных связей	19
<i>Барановский Э.А., Брунс А.В., Владимирский Б.М., Таращук В.П., Ханейчук В.И.</i> Синхронные эффекты космической погоды в простых физико-химических системах — нетривиальный годовой ход	20
<i>Бембитов Д.Б., Веселовский И.С., Михалев Б.Б.</i> Радиационное затухание акустических колебаний в корональных петлях	21
<i>Беневоленская Е.Е.</i> Полярное магнитное поле Солнца	22
<i>Беневоленская Е.Е., Кузнецова М.А.</i> Эволюция активной области NOAA 11101 по данным SDO/HMI	23
<i>Бикташ Л.З.</i> Длиннопериодные вариации космических лучей и Dst индекса в связи с крупномасштабными изменениями параметров гелиосферы в 19-23 солнечных циклах	24
<i>Бикташ Л.З.</i> Скорость поступления энергии в кольцевой ток в зависимости крупномасштабных структур солнечного ветра	24
<i>Богданов М.Б., Катрущенко А.В.</i> Влияние космических факторов на приземную температуру атмосферы	25
<i>Богданов М.Б., Катрущенко А.В.</i> Использование наблюдаемых изменений солнечной постоянной для оценки характеристик земной климатической системы	26
<i>Богод В.М., Кальтман Т.И., Яснот Л.В.</i> О свойствах микроволновых источников над нейтральной линией радиального магнитного поля	27
<i>Борисов А.А., Бруевич Е.А., Розгачева И.К., Якунина Г.В.</i> Вейвлет-анализ рядов наблюдений чисел Вольфа и $F_{10,7}$. Зависимость параметров циклической активности от времени, прошедшего с момента начала цикла	28
<i>Боровик А.В., Мячин Д.Ю.</i> Изофотометрия внепятенной вспышки 16 марта 1981 года	29
<i>Бруевич Е.А., Розгачева И.К., Якунина Г.В.</i> Активность атмосфер Солнца и звезд солнечного типа как следствие циклических вариаций глобального магнитного поля	29
<i>Бруевич Е.А., Якунина Г.В.</i> Циклическая активность Солнца по наблюдениям различных индексов солнечной активности на разных временных шкалах	30
<i>Вальчук Т.Е.</i> Спорадические проявления в солнечном ветре 24 цикла — геомагнитные проявления, статистика и фрактальный анализ	31

<i>Вернова Е.С., Тясто М.И., Баранов Д.Г.</i> Магнитные потоки ведущих и ведомых пятен и N-S асимметрия фотосферного магнитного поля	32
<i>Вишинева А.В., Файнштейн В.Г., Егоров Я.И.</i> Исследование в трехмерном пространстве геометрических и кинематических характеристик корональных выбросов массы типа гало в зависимости от времени	33
<i>Владимирский Б.М., Брунс А.В.</i> Как и почему космическая погода и солнечные затмения влияют на поведение крутильного маятника?	34
<i>Волобуев Д.М.</i> Идентификация и параметризация нейтральной линии на магнитограммах SDO	35
<i>Волобуев Д.М.</i> Одиннадцатилетняя цикличность приземного потока тепла на антарктической станции Восток	35
<i>Воротков М.В., Горшков В.Л., Малкин З.М., Миллер Н.О., Чепанов Я.</i> Взаимосвязь солнечной активности, уровня моря и скорости вращения Земли	36
<i>Возмьянин М.В., Полявин Д.И.</i> Восстановление секторной структуры межпланетного магнитного поля во второй половине 19 века	36
<i>Галкин В.Д., Беренс К., Никанорова И.Н.</i> О возможном влиянии солнечных вспышек на содержание водяного пара в земной атмосфере	37
<i>Georgieva K., Kirov B., Nagovitsyn Yu.A.</i> Long-term variations of solar magnetic fields from geomagnetic data	38
<i>Гетлинг А.В.</i> Спиральность течения при квазиупорядоченной ячеистой конвекции	39
<i>Гетлинг А.В., Колмычков В.В., Мажорова О.С.</i> Конвективный механизм усиления и структурирования магнитного поля	40
<i>Гетлинг А.В., Колмычков В.В., Мажорова О.С., Щерица О.В.</i> О возможном происхождении многомасштабной структуры солнечной конвекции	41
<i>Головкин А.А., Файнштейн В.Г., Попова Т.Е.</i> Сравнение двух методов обнаружения нового магнитного потока в активной области	42
<i>Голубчина О.А., Коржавин А.Н.</i> Распределение яркостной температуры в полярной области Солнца по данным наблюдений на РАТАН-600 в сантиметровом диапазоне длин волн	42
<i>Грабов В.М., Зайцев А.А., Кузнецов Д.В.</i> Физическое моделирование электромагнитных явлений в конвективной зоне Солнца	44
<i>Гриб С.А.</i> О нелинейной связи стационарных сильных разрывов со структурами с постоянным давлением в потоке солнечного ветра	45

<i>Григорьев В.М., Демидов М.Л., Денисенко С.А.</i> Проект СОЛнечного СИноптического Телескопа (СОЛСИТ) — нового российского инструмента для полновекторного мониторинга магнитных полей по всему диску Солнца	46
<i>Григорьева И.Ю., Просовецкий Д.В.</i> Микроволновое излучение активных областей в прошедшем минимуме солнечной активности	47
<i>Давыдов В.В.</i> Мера завихрённости земной атмосферы и индексы солнечной активности	47
<i>Демидов М.Л., Стенфло Я.О., Бианда М., Рамелли Р.</i> Диагностика магнитных полей Солнца посредством сопоставления наблюдений в линиях вблизи 525.0 нм и 630.02 нм	48
<i>Дергачев В.А., Распопов О.М.</i> Солнечная радиация и проблема продолжительности современного межледникового	49
<i>Дивлекеев М.И.</i> События 5 мая 2012 года по наблюдениям с аппаратов STEREO-A и B	50
<i>Ерофеев Д.В.</i> Поляризация сжимаемых флуктуаций плазмы в солнечном ветре	51
<i>Ефремов В.И.</i> Новый метод определения скорости перемещения трассеров по поверхности Солнца	52
<i>Ефремов В.И., Парфиненко Л.Д., Соловьев А.А.</i> Долгопериодические колебания солнечных пятен по доплерограммам и интенсивограммам SOHO/MDI	52
<i>Загайнова Ю.С.</i> Исследование параметров ИК-триплета <i>He I</i> 10830 тени солнечных пятен	53
<i>Зайцев В.В., Кислякова К.Г.</i> Микровспышки, возникающие при осцилляциях скорости фотосферной конвекции	54
<i>Зимовец И.В., Кузнецов С.А., Струминский А.Б.</i> К вопросу о генерации квазипериодических пульсаций в «однопетлевых» солнечных вспышках	55
<i>Золотова Н.В., Понявин Д.И.</i> Пространственно-временные кластеры солнечных пятен и переполосовка полярного магнитного поля Солнца	56
<i>Иванов В.Г., Милецкий Е.В.</i> Реперные моменты 11-летних циклов солнечной активности и универсальность закона широтного дрейфа солнечных пятен	56
<i>Иванов Е.В.</i> Роль крупномасштабной структуры магнитного поля Солнца в образовании комплексов активности	57
<i>Илларионов Е.А., Соколов Д.Д., Арльт Р., Хлыстова А.И.</i> Алгоритмическое выделение ветвей бабочка-диаграмм солнечной активности	57
<i>Исханов Р.Н., Иванов В.Г.</i> Особенности широтно-временной эволюции магнитного поля в 23-м цикле солнечной активности	58

<i>Ихсанов Р.Н., Иванов В.Г.</i> Циклические изменения крупно- и сред- немасштабных магнитных полей в высоких и низких гелиоширо- тах в 20–23 циклах	59
<i>Ихсанов Р.Н., Тавастшерна К.С.</i> Эволюция высокоширотных коро- нальных дыр и полярных факелов в 21–23 циклах	59
<i>Ишков В.Н.</i> Комплексы активных областей как основной источник экстремальных и больших солнечных протонных событий	60
<i>Ишков В.Н.</i> Солнце вблизи максимума 24 цикла СА: вспышечная активность, ход и прогноз развития	60
<i>Калинин А.А., Горда С.Ю., Крушинский В.В., Попов А.А.</i> Линии H и K CaII в затменном спектре солнечного протуберанца 29 марта 2006 года	61
<i>Кальтман Т.И., Богод В.М., Ступишин А.Г., Яснот Л.В.</i> Магнит- ные поля в нижней короне Солнца по сопоставлению наблюда- тельных и модельных спектральных данных	62
<i>Канунников И.Е., Киселев Б.В., Киселев В.Б.</i> Влияние динамики геомагнитной активности на рекуррентные показатели ЭЭГ	63
<i>Касинский В.В.</i> Пространственная анизотропия хромосферных вспышек в королевской зоне пятен и векторные диаграммы ба- бочек в 11-летних циклах Солнца	64
<i>Катюшина В.В., Писанко Ю.В., Свидский П.М., Куимов К.В.</i> Ра- диальная зависимость яркости солнечного диска по наблюдениям затмения 31 мая 2003 года с ИСЗ КОРОНАС	65
<i>Кацова М.М., Лившиц М.А., Мишенина Т.В.</i> Основные факторы, определяющие характер активности солнечного типа	65
<i>Кашапова Л.К., Тохчукова С.Х., Жданов Д.А., Богод В.М.</i> Субсе- кундные колебания во вспышке 10 августа 2011 года по наблюде- ниям на РАТАН-600 и Сибирском Солнечном Спектрометре диа- пазона 4–8 ГГц	66
<i>Кичатинов Л.Л.</i> Солнечное динамо: наблюдаемые проявления ос- новных эффектов и численные модели	67
<i>Князева И.С., Макаренко Н.Г.</i> Критические графы магнитограмм вспышечных активных областей	67
<i>Крамьинин А.П., Мордвинов А.В.</i> Вековые циклы солнечной актив- ности	68
<i>Куколева А.А., Криволуцкий А.А.</i> Определение эффективности об- разования нечетного азота в полярной атмосфере в условиях по- вышенной ионизации на основе анализа спутниковой информации и фотохимического моделирования	69
<i>Криволуцкий А.А., Черепанова Л.А.</i> Численное моделирование гло- бальных изменений температуры и ветра, вызванных вариациями УФ радиации Солнца в 23-ем цикле его активности	70

<i>Криссинель Б.Б.</i> Вероятностные характеристики основных компонент короны спокойного Солнца и расчет экваториального распределения яркости в диапазоне волн 1–100 см	70
<i>Криссинель Б.Б., Анфиногентов С.А., Кочанов А.А., Просовецкий Д.В.</i> Экспериментальное исследование экваториального распределения яркости спокойного Солнца по данным ССРТ . . .	71
<i>Кудрявцев И.В., Дергачев В.А., Наговицын Ю.А., Огурцов М.Г., Юнгнер Х.</i> К вопросу о влиянии климатических факторов на отношение содержания космогенного изотопа С-14 к содержанию стабильного изотопа С-12 в атмосфере Земли в прошлые эпохи . . .	72
<i>Кузнецов С.А., Мельников В.Ф.</i> Пространственная динамика наклоненного спектра ускоренных электронов по данным жесткого рентгеновского и радиоизлучений в событии 14 марта 2002 года	73
<i>Кулагин Е.С.</i> Проект интерференционного спектрографа с разрешающей силой больше миллиона для области спектра 0.6–1.1 мкм . . .	74
<i>Куприянова Е.Г., Мельников В.Ф., Ji Н.</i> Квазипериодическая пространственная динамика источника микроволнового излучения солнечной вспышки	75
<i>Лившиц М.А., Кашапова Л.К., Выборнов В.И.</i> Эффекты от мощных вспышек на обратной стороне Солнца	76
<i>Лозицкий В.Г., Лозицкая Н.И., Соловьев А.А.</i> Магнитные поля в лимбовой вспышке 19 июля 2012 года: спектрально-поляризационные наблюдения и теоретическая модель . . .	77
<i>Лотова Н.А., Обридж В.Н.</i> Развитие 23 солнечного цикла в потоках солнечного ветра от стримеров	78
<i>Лукьянова Р.Ю., Мурсула К., Козловский А.</i> Эффект высокоскоростных потоков солнечного ветра в геомагнитном поле полярных областей Земли	79
<i>Мельников В.Ф., Чариков Ю.Е., Кудрявцев И.В.</i> Направленность жесткого рентгеновского и гамма излучений из вспышечной петли . . .	80
<i>Мельников В.Ф., Кудрявцев И.В., Чариков Ю.Е.</i> Пространственное распределение яркости ЖРИ вдоль вспышечных петель . . .	81
<i>Мерзляков В.Л.</i> Плотные корональные структуры над активной областью	82
<i>Мерзляков В.Л., Старкова Л.И.</i> Геометрические свойства корональной нейтральной поверхности	82
<i>Mészárosová H., Dudík J., Karlický M., Madsen F.R.H., Sawant H.S.</i> Fast magnetoacoustic waves in a scenario involving the coronal magnetic null point	83
<i>Милецкий Е.В., Иванов В.Г., Наговицын Ю.А.</i> Свойства асимметрии широтных распределений солнечных пятен	84

<i>Минасянц Г.С., Минасянц Т.М.</i> Свойства магнитных облаков и их влияние на развитие геомагнитных бурь	84
<i>Можаровский С.Г.</i> Метод пробного слоя в расчете функций вклада и отклика	85
<i>Можаровский С.Г.</i> Расчет профилей Стокса для моделей тени и фотосферы Солнца — структуры данных и виды расчетов программы SunWorld	86
<i>Молодых С.И.</i> О роли теплоемкости океана в отклике тропосферы на вариации солнечной и геомагнитной активности	87
<i>Моргачев А.С., Мельников В.Ф.</i> Диагностика параметров вспыхивающих петель по наблюдаемому спектру и степени поляризации микроволнового излучения	88
<i>Моторина Г.Г., Кудрявцев И.В., Лазутков В.П., Матвеев Г.А., Савченко М.И., Скородумов Д.В., Чариков Ю.Е.</i> Динамика электронов, ускоренных в солнечных вспышках 19 декабря 2001 и 15 апреля 2002, по данным рентгеновского спектрометра ИРИС	89
<i>Мяжкова И.Н., Козырева О.В.</i> Связь динамики внешнего радиационного пояса Земли и волновой активности в диапазоне геомагнитных пульсаций Pc5 во время магнитных бурь ноября-декабря 2006 года	90
<i>Наговицын Ю.А., Кулешова А.И.</i> К прогнозу цикла солнечной активности № 24	91
<i>Наговицын Ю.А., Кулешова А.И.</i> Моменты экстремумов 11-летних циклов солнечной активности в последние два тысячелетия (верификация данных Д. Шоува)	91
<i>Наговицын Ю.А., Певцов А.А., Ливингстон В.</i> Эффект Ливингстона-Пенна возможная интерпретация	92
<i>Наговицын Ю.А., Рыбак А.Л., Наговицына Е.Ю.</i> Долго- и сверхдлгопериодические колебания солнечных пятен по данным MDI SOHO	93
<i>Никольская К.И.</i> Солнечная корона в свете современных наблюдений	93
<i>Никольская К.И.</i> Стационарный солнечный ветер может быть феноменом Солнца как звезды	94
<i>Нусинов А.А., Казачевская Т.В.</i> Вариации крайнего ультрафиолетового излучения Солнца и их вклад в ошибки ионосферных моделей	95
<i>Нусинов А.А.</i> Прогноз индексов солнечной активности и геоэффективных электромагнитных излучений Солнца для 24 цикла активности	95
<i>Обридж В.Н., Мирошниченко Л.И., Рагульская М.В., Хабарова О.В., Храмова Е.Г., Лившиц М.А., Кацова М.М.</i> Космические факторы эволюции биосферы: новые направления исследований	96

<i>Ogurtsov M.G., Jungner H., Sonninen E.</i> Evidence for a link between North-Atlantic Oscillation and north Finland climate as derived from stable carbon isotope record	97
<i>Ожогова О.А., Теплицкая Р.Б.</i> Колебания яркости в линиях <i>CaII</i> : изменение центр-край	97
<i>Петерова Н.Г., Агалаков Б.В., Борисевич Т.П., Лубышев Б.И., Опейкина Л.В., Топчило Н.А.</i> Динамика и структура активной области NOAA 7123 по наблюдениям на VLA, PATAN-600, ССРТ и БПР	98
<i>Подгорный А.И., Подгорный И.М.</i> Выяснение механизма солнечной вспышки путем МГД моделирования	99
<i>Подгорный И.М., Подгорный А.И., Мешалкина Н.С.</i> Условия появления большой вспышки и поведение фотосферного поля во время вспышки	100
<i>Попов В.В., Ким И.С.</i> О нейтральном водороде в короне	101
<i>Попова Е.П.</i> Динамические системы для магнитного поля Солнца и квазидвухлетние вариации магнитной активности	101
<i>Порфирьева Г.А., Якунина Г.В.</i> Дестабилизация, взаимодействие и эрупция волокон на Солнце и сопутствующие события	102
<i>Просовецкий Д.В., Григорьева И.Ю., Кочанов А.А.</i> Спектральные характеристики крупномасштабных областей радиоизлучения в корональных дырах	102
<i>Пятигорский А.Г., Пятигорский Г.А.</i> Анализ ряда чисел Вольфа в частотно-временной области	103
<i>Пятигорский А.Г., Пятигорский Г.А.</i> Прогнозирование солнечной активности методом нелинейного регрессионного частотно-временного анализа ряда чисел Вольфа	104
<i>Распопов О.М., Дергачев В.А., Зайцева Г.И., Трифонов В.А.</i> Вариации солнечной активности и климатические изменения в голоцене и их социальные последствия	104
<i>Ретивых В.В., Обухов А.Г., Лубышев Б.И.</i> Оконтуривание слабо-контрастных образований	106
<i>Ривин Ю.Р.</i> «Вековой» цикл в изменениях чисел Вольфа и его особенностями на разных интервалах наблюдений	107
<i>Ривин Ю.Р.</i> Правила Гневашева-Оля и проблемы их интерпретации	107
<i>Рощина Е.М., Сарычев А.П.</i> Эффект Вальдмайера как объединение двух свойств 11-летних циклов	109
<i>Середжинов Р.Т.</i> Патрульный фотосферно-хромосферный телескоп	109
<i>Середжинов Р.Т.</i> Спектрограф изображения патрульного телескопа	110

<i>Мирошниченко Л.И., Сидоров В.И.</i> К 100-летию открытия космических лучей: история высокогорных исследований в институте «Урусвати» по архивам Центра-Музея имени Н.К. Рериха (Москва)	110
<i>Смирнова В.В., Нагнибеда В.Г., Жильцов А.В., Рыжов В.С.</i> Характеристики микроволновых солнечных всплесков с миллиметровым избытком по данным радиогелиографа Nobeyama и радиотелескопа РТ-7,5 МГТУ им. Н.Э. Баумана	112
<i>Смирнова В.В., Riehoakainen A., Жильцов А.В., Рыжов В.С., Kallunki J.</i> Длиннопериодические колебания солнечных пятен и вышележащих структур.	113
<i>Соловьев А.А.</i> Основные свойства солнечных пятен	114
<i>Соловьев А.А., Киричек Е.А., Ганиев В.В.</i> Уникальная солнечная вспышка 22.09.2011	114
<i>Степанян Н.Н., Ахтемов З.С., Файнштейн В.Г., Руденко Г.В.</i> Высотная стратификация и переполосовка солнечного магнитного поля в 21-23 циклах по расчетам поля в потенциальном приближении	116
<i>Суюнова Э.З., Попов В.В., Ким И.С.</i> Широкополосная фильтровая линейная поляриметрия протуберанцев	117
<i>Тлатов А.Г., Отжидычев П.А.</i> Долговременные вариации характеристик солнечных пятен в циклах активности	117
<i>Тлатов А.Г.</i> Нерадиальность распространения солнечных корональных стримеров и вариации космических лучей	118
<i>Тлатов А.Г., Васильева В.В.</i> Сравнительный анализ распределение скорости и напряженности магнитных полей в ядрах и полутени солнечных пятен	119
<i>Тлатов А.Г.</i> Феноменологическая модель генерации магнитного поля Солнца винтовым динамо механизмом	119
<i>Трофимов Д.А., Петров С.Д.</i> Вращение Земли и геомагнитная буря «Halloween Storm»	120
<i>Тягуни Н.Ф.</i> Асимметрия профилей линии FeX 6374 в активных областях по наблюдениям на краю Солнца.	121
<i>Тясто М.И., Данилова О.А., Сдобнов В.Е.</i> Связь изменений параметров солнечного ветра с жесткостью геомагнитного обрезания космических лучей в периоды геомагнитных возмущений	122
<i>Филатов Л.В., Мельников В.Ф., Горбиков С.П.</i> Динамика пространственного распределения электронов и характеристик их гиротронного излучения в коллапсирующей магнитной ловушке	122
<i>Филатов Л.В., Мельников В.Ф., Горбиков С.П.</i> Условия эффективности бетатронного ускорения электронов во вспышечных петлях	123

<i>Флейшман Г.Д.</i> Ускорение частиц и нагрев плазмы в солнечных вспышках	124
<i>Хонгорова О.В., Веселовский И.С., Михальев Б.Б.</i> Влияние излучения на затухание магнитозвуковых волн в солнечной короне	125
<i>Чариков Ю.Е.</i> Временные задержки жесткого рентгеновского излучения солнечных вспышек: ускорение и распространение заряженных частиц	126
<i>Чариков Ю.Е., Ватагин П.В., Кудрявцев И.В.</i> Динамика пучка ускоренных электронов и диагностика вспышечной плазмы по результатам анализа ЖРИ, зарегистрированного спектрометром BATSE	126
<i>Чариков Ю.Е., Огурцов М.Г., Костюченко И.Г.</i> Спектрально-временной анализ ЖРИ солнечных вспышек, зарегистрированных на спутниках CGRO и КОРОНАС-Ф	127
<i>Чернов Г.П., Фомичев В.В., Горгуца Р.В., Маркеев А.К., Соболев Д.Е., Хилларис А., Алисандракис К.Е.</i> Сложные жгуты волокон в диапазоне 180–270 МГц в явлении 12 февраля 2010 года	128
<i>Чужин В.В., Кузьминых Е.В.</i> Взаимосвязь динамических характеристик Солнца и климатической системы	129
<i>Шарыкин И.Н., Струминский А.Б.</i> Динамика меры эмиссии и жесткое рентгеновское излучение в солнечных вспышках	130
<i>Шейнер О.А., Фридман В.М.</i> Особенности спорадического радиоизлучения, предшествующего геоэффективным корональным выбросам массы	131
<i>Шестакова Л.И.</i> Давление солнечной радиации как механизм ускорения атомов и первых ионов с низкими потенциалами ионизации	132
Тезисы, поступившие с запозданием	133
<i>Куприянова Е.Г., Мельников В.Ф., Пузыня В.М.</i> Долгопериодические пульсации теплового микроволнового излучения солнечной вспышки по данным с высоким пространственным разрешением	133
<i>Алексеева Л.М., Кшевцевский С.П.</i> Генерация надтепловых протонов в хромосфере (механизм, альтернативный «пересоединению»)	134
<i>Алиев А.Х., Кирпичев Р.В., Коломийцев С.Н., Скорбеж Н.Н., Партоменко А.В., Тлатов А.Г.</i> Подготовка баз данных солнечной активности бюллетеня «Солнечные данные»	135
Оглавление	136
Список авторов	146

Список авторов

Абдусаматов Х.И., 3, 4 Абрамов-Максимов В.Е., 5, 6 Авакян С.В., 6, 8 Агалаков Б.В., 98 Алексеева Л.М., 134 Алиев А.Х., 135 Алиссандракис К.Е., 9, 128 Ампилогов Н.В., 11 Анфиногентов С.А., 71 Арльт Р., 57 Астапов И.И., 10, 11 Ахтемов З.С., 116 Бадалян О.Г., 13, 14 Балыбина А.С., 16 Баранов А.В., 16, 18 Баранов Д.Г., 32 Барановский Э.А., 19, 20 Барбашина Н.С., 10, 11 Бембитов Д.Б., 21 Беневоленская Е.Е., 22, 23 Беренс К., 37 Бианда М., 48 Бикташ Л.З., 24 Блудова Н.Г., 14 Богданов А.Г., 10 Богданов М.Б., 25, 26 Богод В.М., 9, 27, 62, 66 Борисевич Т.П., 98 Борисов А.А., 28 Боровик А.В., 29 Боровик В.Н., 5 Борог В.В., 11 Бруевич Е.А., 28–30 Брунс А.В., 19, 20, 34 Вальчук Т.Е., 31 Васильева В.В., 119 Ватагин П.В., 126 Вернова Е.С., 32 Веселовский И.С., 21, 125	Вишнева А.В., 33 Владимирский Б.М., 19, 20, 34 Волобуев Д.М., 35 Воротков М.В., 36 Вохмянин М.В., 36 Выборнов В.И., 76 Галкин В.Д., 37 Ганиев В.В., 114 Георгиева К., 38 Гетлинг А.В., 39–41 Головко А.А., 42 Голубчина О.А., 42 Горбиков С.П., 122, 123 Горгуца Р.В., 128 Горда С.Ю., 61 Горшков В.Л., 36 Грабов В.М., 44 Гриб С.А., 45 Григорьев В.М., 46 Григорьева И.Ю., 47, 102 Давыдов В.В., 47 Данилова О.А., 122 Демидов М.Л., 46, 48 Денисенко С.А., 46 Дергачев В.А., 49, 72, 104 Дивлекеев М.И., 50 Егоров Я.И., 33 Ерофеев Д.В., 51 Ефремов В.И., 6, 52 Жданов Д.А., 66 Жильцов А.В., 112, 113 Загайнова Ю.С., 53 Зайцев А.А., 44 Зайцев В.В., 54 Зайцева Г.И., 104 Зимовец И.В., 55 Золотова Н.В., 56 Иванов В.Г., 56, 58, 59, 84 Иванов Е.В., 57
---	---

Илларионов Е.А., 57
 Ихсанов Р.Н., 58, 59
 Ишков В.Н., 60
 Казачевская Т.В., 95
 Калинин А.А., 61
 Кальтман Т.И., 9, 27, 62
 Кануников И.Е., 63
 Караханян А.А., 16
 Касинский В.В., 64
 Катрущенко А.В., 25, 26
 Катюшина В.В., 65
 Кацова М.М., 65, 96
 Кашапова Л.К., 66, 76
 Ким И.С., 101, 117
 Киричек Е.А., 114
 Киров Б., 38
 Кирпичев Р.В., 135
 Киселев Б.В., 63
 Киселев В.Б., 63
 Кислякова К.Г., 54
 Кичатинов Л.Л., 67
 Князева И.С., 67
 Козловский А., 79
 Козырева О.В., 90
 Колмычков В.В., 40, 41
 Коломийцев С.Н., 135
 Компаниец К.Г., 11
 Коржавин А.Н., 42
 Костюченко И.Г., 127
 Кочанов А.А., 71, 102
 Крамынин А.П., 68
 Криволуцкий А.А., 69, 70
 Криссинель Б.Б., 70, 71
 Крушинский В.В., 61
 Кудрявцев И.В., 72, 80, 81, 89, 126
 Кузнецов Д.В., 44
 Кузнецов С.А., 55, 73
 Кузнецова М.А., 23
 Кузьминых Е.В., 129
 Куимов К.В., 65
 Куколева А.А., 69
 Кулагин Е.С., 74
 Кулешова А.И., 91
 Куприянова Е.Г., 133
 Куприянова Е.Г., 75
 Кшевецкий С.П., 134
 Лазутков В.П., 89
 Лаповок Е.В., 3, 4
 Ливингстон В., 92
 Лившиц М.А., 13, 65, 76, 96
 Лозицкая Н.И., 77
 Лозицкий В.Г., 77
 Лотова Н.А., 78
 Лубышев Б.И., 98, 106
 Лукьянова Р.Ю., 79
 Мажорова О.С., 40, 41
 Макаренко Н.Г., 67
 Малкин З.М., 36
 Маркеев А.К., 128
 Матвеев Г.А., 89
 Мельников В.Ф., 133
 Мельников В.Ф., 73, 75, 80, 81, 88,
 122, 123
 Мерзляков В.Л., 82
 Мешалкина Н.С., 100
 Милецкий Е.В., 56, 84
 Миллер Н.О., 36
 Минасянц Г.С., 84
 Минасянц Т.М., 84
 Мирошниченко Л.И., 96, 110
 Михайленко А.С., 10
 Михалеев Б.Б., 21, 125
 Мишенина Т.В., 65
 Можаровский С.Г., 18, 85, 86
 Молодых С.И., 87
 Моргачев А.С., 88
 Мордвинов А.В., 68
 Моторина Г.Г., 89
 Мурсула К., 79
 Мягкова И.Н., 90
 Мячин Д.Ю., 29
 Нагнибеда В.Г., 112
 Наговицын Ю.А., 38, 72, 84, 91–93
 Наговицына Е.Ю., 93

Никанорова И.Н., 37
 Никольская К.И., 93, 94
 Нусинов А.А., 95
 Обридко В.Н., 78, 96
 Обухов А.Г., 106
 Огурцов М.Г., 72, 96, 127
 Ожогина О.А., 97
 Опейкина Л.В., 5, 98
 Откидывчев П.А., 117
 Парфиненко Л.Д., 6, 52
 Пархоменко А.В., 135
 Певцов А.А., 92
 Петерова Н.Г., 98
 Петров С.Д., 120
 Петрухин А.А., 10
 Писанко Ю.В., 65
 Подгорный А.И., 99, 100
 Подгорный И.М., 99, 100
 Понявин Д.И., 36, 56
 Попов А.А., 61
 Попов В.В., 101, 117
 Попова Е.П., 101
 Попова Т.Е., 42
 Порфирьева Г.А., 102
 Просовецкий Д.В., 47, 71, 102
 Пузыня В.М., 133
 Пятигорский А.Г., 103, 104
 Пятигорский Г.А., 103, 104
 Рагульская М.В., 96
 Рамелли Р., 48
 Распопов О.М., 49, 104
 Ретивых В.В., 106
 Ривин Ю.Р., 107
 Розгачева И.К., 28, 29
 Рощина Е.М., 109
 Руденко Г.В., 116
 Рыбак А.Л., 93
 Рыжов В.С., 112, 113
 Савченко М.И., 89
 Сарычев А.П., 109
 Свидский П.М., 65
 Сдобнов В.Е., 122
 Середжинов Р.Т., 109, 110
 Сидоров В.И., 110
 Скорбеж Н.Н., 135
 Скородумов Д.В., 89
 Смирнова В.В., 112, 113
 Соболев Д.Е., 128
 Соколов Д.Д., 57
 Соловьев А.А., 6, 52, 77, 114
 Старкова Л.И., 82
 Стенфло Я.О., 48
 Степанян Н.Н., 116
 Струминский А.Б., 55, 130
 Ступишин А.Г., 62
 Суюнова Э.З., 117
 Тавастшерна К.С., 59
 Таращук В.П., 19, 20
 Теплицкая Р.Б., 97
 Тлатов А.Г., 117–119, 135
 Топчило Н.А., 98
 Тохчукова С.Х., 9, 66
 Трифонов В.А., 104
 Трофимов Д.А., 120
 Тягун Н.Ф., 121
 Тясто М.И., 32, 122
 Файнштейн В.Г., 33, 42, 116
 Филатов Л.В., 122, 123
 Флейшман Г.Д., 124
 Фомичев В.В., 128
 Фридман В.М., 131
 Хабарова О.В., 96
 Ханейчук В.И., 20
 Ханков С.И., 3, 4
 Хилларис А., 128
 Хлыстова А.И., 57
 Хонгорова О.В., 125
 Храмова Е.Г., 96
 Чапанов Я., 36
 Чариков Ю.Е., 80, 81, 89, 126, 127
 Черепанова Л.А., 70
 Чернов Г.П., 128
 Чернов Д.В., 11
 Чукин В.В., 129

Шарькин И.Н., 130
 Шейнер О.А., 131
 Шестакова Л.И., 132
 Шибасаки К., 6
 Шутенко В.В., 10
 Щерица О.В., 41
 Юнгнер Х., 72
 Яковлева Е.И., 11
 Якунина Г.В., 28–30, 102
 Яснов Л.В., 27, 62
 Яшин И.И., 10
 Dudík J., 83
 Georgieva K., *см.* Георгиева К.
 Ji H., 75
 Jungner H., 96
 Kallunki J., 113
 Karlický M., 83
 Kirov B., *см.* Киров Б.
 Mészárosová H., 83
 Madsen F.R.H., 83
 Nagovitsyn Yu.A.,
 см. Наговицын Ю.А.
 Ogurtsov M.G., *см.* Огурцов М.Г.
 RiehoKainen A., 113
 Sawant H.S., 83
 Sonninen E., 96