

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ГЛАВНАЯ (ПУЛКОВСКАЯ) АСТРОНОМИЧЕСКАЯ
ОБСЕРВАТОРИЯ

**СОЛНЕЧНАЯ
И СОЛНЕЧНО-ЗЕМНАЯ ФИЗИКА
2008**

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

7 – 12 июля 2008 года

Санкт-Петербург
2008

Сборник содержит тезисы докладов, представленных на Всероссийскую ежегодную конференцию по физике Солнца «Солнечная и солнечно-земная физика – 2008» (XII Пулковская конференция по физике Солнца, 7 – 12 июля 2008 года, ГАО РАН, Санкт-Петербург). Конференция проводится Главной (Пулковской) астрономической обсерваторией РАН при поддержке секции «Солнце» Научного совета по астрономии РАН, секции «Плазменные процессы в магнитосферах планет, атмосферах Солнца и звезд» Научного совета «Солнце-Земля», Президиума РАН, Отделения Физических Наук РАН, Российского Фонда Фундаментальных Исследований и гранта НШ-6110.2008.2. 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 (*НИЯФ МГУ*), В.А. Дергачев (*ФТИ РАН*), Л.М. Зеленый (*ИКИ РАН*), В.А. Коваленко (*ИСЗФ СО РАН*), В.Г. Лозицкий (*Украина*), Ю.А. Наговицын (*ГАО РАН*), В.Н. Обридко (*ИЗМИРАН*), О.М. Распопов (*СПбФ ИЗМИРАН*), А.А. Соловьев (*ГАО РАН*), К. Geogiєva (*Болгария*), К. Mursula (*Финляндия*), D.K. Callebaut (*Бельгия*), Н. Jungner (*Финляндия*).

Члены локального оргкомитета: Ю.А. Наговицын (*сопредседатель*), А.А. Соловьев (*сопредседатель*), Т.П. Борисевич (*секретарь*), А.В. Вако-рин, Д.М. Волобуев, В.Г. Дордий, В.Г. Иванов, М.А. Кузнецова, Н.Г. Макаренко, Е.В. Милецкий, Е.Л. Терехина.

ISSN 0552–5829

© Главная астрономическая обсерватория РАН, 2008 год.

Самый продолжительный 23 цикл излучения и активности Солнца — свидетельство наступления глубокого минимума двухвекового цикла в 2041 году

Абдусаматов Х.И.

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

Уникальность нынешнего 23 цикла заключается в том, что он стал самым продолжительным циклом потока излучения и активности среди всех последних 14-ти достоверно установленных и изученных 11-летних солнечных циклов за более чем 150 летний период их надежных наблюдений. Однако это не нарушает существующие закономерности развития и продолжительности 11-летних циклов, поскольку их продолжительность зависит от фазы двухвекового цикла: в фазе спада двухвекового цикла продолжительность 11-летнего цикла всегда последовательно больше, чем в фазах роста и максимума двухвекового цикла. При этом еще более значимая зависимость наблюдается между продолжительностью 22-летних (четных и нечетных) полных физических циклов Солнца и фазой двухвекового цикла. Подтверждено, что началом 22-летнего магнитного цикла является четный 11-летний цикл.

Это дополнительно доказывает наступление активной фазы спада двухвекового цикла потока излучения и активности Солнца, который может достигнуть своего минимума ориентировочно в 2041 ± 11 году [1]. Это может привести к очередному 19-Ю за последние 7500 лет малому ледниковому периоду маундеровского типа ориентировочно в 2055-2060 (± 11) годах.

Ускоряющееся последовательное понижение потока солнечного излучения в минимумах 22 и 23 циклов относительно минимума 21 цикла указывает на начавшееся двухвековое падение его величины. Оно является надежным подтверждением наличия двухвекового компонента и в вариациях потока солнечного излучения [2], скоррелированного с соответствующим изменением активности.

Установлены количественные параметры вариаций потока солнечного излучения за период 21-23 циклов. Обсуждается понятия мощности цикла потока излучения и активности.

- [1] Х.И. Абдусаматов Об оптимальном прогнозировании высоты следующего 11-летнего цикла активности и нескольких последующих циклов на основе долговременных вариаций радиуса Солнца или солнечной постоянной // Кинематика и физика небесных тел. 2007. Т. 23. № 3. С. 141-147.

- [2] Х.И. Абдусаматов О долговременных вариациях потока интегральной радиации и возможных изменениях температуры в ядре Солнца // Кинематика и физика небесных тел. 2005. Т. 21. № 6. С. 471-477.

Модели климатических изменений

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

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

Предложена классификация типов климатических изменений системы океан — суша — атмосфера по их характеру и исходным причинам (определяющим факторам).

К первым типам относятся глобальные изменения климата, характеризующиеся повышением или понижением средней по всей поверхности температуры океана и атмосферы. Причиной такого типа климатических изменений может быть только изменение радиационного баланса Земли как планеты. Изменение радиационного баланса может определяться всего двумя причинами: изменением солнечной постоянной и изменением совокупности оптических и радиационных характеристик подстилающей поверхности и атмосферы. В перечень этих характеристик входит: среднее альbedo подстилающей поверхности и атмосферы, средняя степень черноты (излучающая способность) океана, суши и атмосферы, а также параметры, определяющие пропускание атмосферы для спектров солнечного и собственного теплового излучения Земли.

Ко второму типу относятся региональные климатические изменения — главным образом, связанные с широтными характеристиками климатической зоны. Здесь можно указать на парадоксальные, на первый взгляд, закономерности. Известно, что в замкнутой системе перераспределения во внутреннем балансе (вариации внутреннего энерго- и массопереноса) не могут вызывать изменения средней температуры. Однако Земля не является замкнутой системой. Поэтому такие явления, как изменения адвективного переноса в океане и атмосфере, а также перераспределение направлений или массовых расходов океанических течений могут приводить к локализованным изменениям среднегодовых температур. В приполярных зонах это может привести к изменению площадей ледовых поверхностей. Это, в свою очередь, неизбежно ведет к изменению альbedo в данной зоне и, соответственно, к изменению среднего альbedo подстилающей поверхности.

По данным математического моделирования величина альbedo земной поверхности является фактором, вносящим самый существенный вклад

в тепловой режим Земли. Таким образом, получается, что при неизменных внешних условиях возникают изменения средней по всей поверхности температуры подстилающей поверхности и атмосферы.

Результаты теоретических исследований позволяют сделать вывод, что при предстоящем длительном уменьшении двухвековой составляющей солнечной постоянной ожидается глобальное понижение температуры. При приросте оледенения и снежного покрова будет осуществляться увеличение альbedo Земли, что может привести к заметному усилению похолодания, причем на этом фоне действие парникового эффекта за счет вариации содержания в атмосфере углекислого газа будет несущественным.

Влияние предстоящего уменьшения солнечной постоянной на глобальные и широтные изменения климата Земли

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

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

Разработана математическая модель, описывающая нестационарный тепловой режим системы океан-атмосфера, в рамках которой можно изучать динамику глобального изменения температуры Земли в результате изменения солнечной постоянной, а также зональных вариаций температур — от экваториальной зоны до приполярных областей.

Показано, что чувствительность по температурным изменениям к вариации солнечной постоянной при условии постоянства радиационных свойств поверхности в экваториальной зоне существенно выше, чем в полярных. Следует признать, что прогнозирование вариации адвективного переноса в условиях изменяющегося температурного режима затруднено отсутствием адекватных моделей этого процесса. Тем не менее, результаты проведенных исследований позволяют уточнить сценарий предстоящего похолодания, которое может быть инициировано долговременным понижением средней температуры активного слоя океана, а также увеличением среднего значения альbedo вследствие прироста площадей ледяного и снежного покрова в высоких широтах.

Методы обеспечения термостабильности солнечного лимбографа СЛ-200

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

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

Изложены теоретические основы принципов обеспечения термостабильности телескопа космического базирования — солнечного лимбографа, основанные на аналитических методах расчета теплового режима и термоаббераций его оптической системы.

Критерием термостабильности (сохранения высокого качества изображения) является обеспечение выполнения одновременно трех условий:

- равенство температур корпуса телескопа и светофильтра;
- изотермичность светофильтра, то есть отсутствие в его объеме значительных температурных градиентов в осевом и радиальном направлениях;
- минимизация вариаций температур зеркал телескопа в пределах допустимых значений, исчисляемых сотыми долями градуса.

Выведены аналитические формулы, описывающие условия соблюдения перечисленных требований.

Показано, что выполнение задаваемых условий обеспечено в лимбографе соответствующим выбором параметров тепломеханической схемы и автономной системы обеспечения теплового режима.

Особенности короткопериодических колебаний микроволнового излучения различных активных областей Солнца по данным радиогелиографа Нобеяма

*Абрамов-Максимов В.Е.¹, Бакунина И.А.²,
Гельфрейх Г.Б.¹, Шибасаки К.³*

¹ *Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,
С.-Петербург, e-mail: abratov-maximov@mail.ru*

² *ФГНУ «Научно-исследовательский радиофизический институт»
Роснауки, Нижний Новгород*

³ *Nobeyama Solar Radio Observatory, Minamisaku, Nagano, Japan*

Представлены результаты исследования колебаний микроволнового излучения Солнца (волна 1.76 см) с периодами в пределах от 1 до 10 минут, базирующегося на большом объеме наблюдательного материала, охватывающего несколько десятков полных дней наблюдений. Анализ выполнен на основе радиокарт Солнца, полученных на радиогелиографе Нобеяма

с двумерным пространственным разрешением около $10'' - 15''$ в нестандартном режиме синтеза с временным интервалом между изображениями и временем усреднения 10 секунд. Получены временные профили характеристик радиоизлучения (максимальной и средней яркостных температур и потока в интенсивности и круговой поляризации) источников, связанных с пятнами различных размеров. Обнаружены случаи исчезновения колебаний с периодами около 3-х минут, которые, как правило, наблюдаются в пятенных микроволновых источниках всегда. При этом реже наблюдающиеся в таких источниках колебания с периодами около 5 минут, в этих случаях усиливаются. В частности, для источника NOAA 10661 в круговой поляризации 16 и 18 августа 2004 года наблюдаются 3-х минутные колебания, а 17 августа они полностью подавлены. 5-ти минутные колебания, напротив, наблюдаются только 17 августа, а 16-го и 18-го их нет. Обсуждаются возможные подходы к интерпретации обнаруженных эффектов.

Сравнительный анализ квази-периодических колебаний солнечных пятен на уровне хромосферы и переходного слоя

Абрамов-Максимов В.Е.¹, Гельфрейх Г.Б.¹, Кобанов Н.И.², Шибасаки К.³

¹ Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,

² Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск,

³ Nobeyama Solar Radio Observatory, Minamisaku, Nagano, Japan

Магнитные трубки солнечных пятен представляют собой стратифицированные структуры солнечной атмосферы, в которых проявляются МГД колебания и волны со сложной пространственной структурой и характерными периодами. Наиболее широко известными и изученными являются колебания с периодами 3 и 5 минут. Несмотря на многолетнюю (свыше 40 лет) историю работ и современные исследования во всех диапазонах волн, включая наблюдения из космоса в далеком ультрафиолете и рентгене, физическая природа МГД колебательных и волновых процессов в пятне всё еще остается в стадии дискуссий и анализа вариантов модельных представлений. Между тем, их анализ может послужить основой для развития методов исследования трехмерной структуры активных областей Солнца, а также процессов переноса и накопления энергии в солнечной атмосфере.

Новый метод анализа КПК в пятнах, предложенный и развиваемый авторами, состоит в сравнении одновременных наблюдений цугов колебаний в пределах пятна на уровне фотосферы и хромосферы по оптическим наблюдениям на Саянской обсерватории ИСЗФ СО РАН и на уровне переходного слоя и нижней короны по наблюдениям на радиогелиографе Нобеяма (Япония).

Оптические наблюдения в линии водорода $H\alpha$ основаны на анализе поля скоростей в пятне и показали сложное пространственное распределение фаз и периодов колебаний в тени и полутени пятен, различное в разных пятнах и меняющееся со временем и в одном пятне. В радио наблюдениях анализировались источники повышенного излучения над солнечными пятнами на волне 1.76 см по радиоизображениям с пространственным разрешением 10-15 угл. сек. Генерация этого излучения обусловлена преимущественно тепловым циклотронным излучением на третьей гармонике гирочастоты электронов, т.е. областью солнечной атмосферы с магнитным полем 2000 Гс. Сильная зависимость параметров этого механизма от направления (в частности, отсутствие излучения вдоль поля) определила особенности сопоставления двух типов наших наблюдений от положения пятен на диске Солнца.

Было исследовано несколько периодов наблюдений, длительностью око-

ло часа каждый, для ряда пятен. Сопоставления вейвлет спектров колебаний, проявляющихся в оптическом и радио диапазонах, позволили найти общие (совпадающие по времени и характерному периоду) колебательные пуги и оценить для них характерные параметры процесса, охватывающего в пятне слои от хромосферы/фотосферы до основания короны.

Симпатические события на Солнце по наблюдениям в микроволновом диапазоне

Абрамов-Максимов В.Е.¹, Гельфрейх Г.Б.¹, Шибасаки К.²

¹*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,
С.-Петербург, e-mail: abramov-maximov@mail.ru*

²*Nobeyama Solar Radio Observatory, Minamisaku, Nagano, Japan*

На основе анализа радиокарт Солнца, полученных на радиогелиографе Нобеяма с двумерным пространственным разрешением около $10'' - 15''$ на волне 1.76 см, произведены поиск и исследования симпатических явлений на Солнце. Разработаны критерии предварительного отбора «подозрительных» дат наблюдений. Для анализа отбирались даты, когда на картах присутствовали 2 или более удаленных друг от друга пятенных радиоисточника. Ежедневные корреляционные графики (Correlation plots) использовались для выявления вспышечно-активных дней. Исследования охватывают период 2003–2005 гг. с интервалом синтеза изображений 1 минута и временем усреднения 10 секунд для отобранных дат. С целью выявления симпатических событий строились временные профили максимальных яркостных температур отобранных пятенных источников. Для обнаруженных парных повышений радиоизлучения произведены оценки скоростей возмущающего агента, который мог быть причиной их взаимодействия. Обсуждаются возможные триггерные механизмы, вызывающие вторичные всплески.

Тренды солнечно-геомагнитной активности и глобальное изменение климата

Авакян С.В., Воронин Н.А.

*ВНЦ «Государственный оптический институт имени С.И.
Вавилова», С.-Петербург, e-mail: avak2@mail.ru*

Изменчивость космических факторов, прежде всего солнечной и геомагнитной активности, давно привлекает исследователей земных процессов и явлений. Основной вопрос современной физики окружающей среды – причины, механизмы и прогноз глобального потепления, наблюдаемого последние десятилетия. В работе акцентировано внимание на анализ за этот период трендов как солнечной и геомагнитной активности, так и различных атмосферных параметров. Констатируется:

- величина полного потока солнечного излучения прошла вековой максимум в 1985 г. и в 2007 году зарегистрирован наинизший минимум;

- среднемесячный aa индекс геомагнитной активности показывал постоянное возрастание со скоростью 0.3 % в год до 2003 г., сменившееся последующим быстрым спадом на 5.7 % в год;

- содержание паров воды в верхних слоях тропосферы, как и метана, постоянно возраставшее с 1950-х годов, начиная с 2000/2001 г.г. падает;

- полное содержание озона в эти десятилетия, наоборот, уменьшалось, что при общем спаде уровня замутненности атмосферы особенно с середины 1980-х годов привело к росту потока эритемной составляющей в дневной облученности, которая также начала падать лишь с 2000 года.

Итак, анализ трендов последних десятилетий показывает:

1. При устойчивом снижении электромагнитной активности Солнца после максимума в середине 1980-х годов еще вплоть до 2003 года продолжалось увеличение геомагнитной активности. Это означает, что земная ионосфера все эти годы являлась источником повышенного потока микроволнового излучения в ридберговских переходах. Действительно, основной вклад в формирование этого ионосферного излучения вносят высыпания электронов при геомагнитных возмущениях. Так что, ослабление потока солнечного излучения в атмосфере, связанное с переходом водяных паров в кластеры (участвующих затем в облакообразовании), увеличивалось в этот период, поскольку возрастала интенсивность потока микроволн из ионосферы, а значит уменьшалась скорость разрушения кластерных ионов через главный процесс – столкновительную диссоциативную рекомбинацию. Это обусловлено заселением, при индуцированном поглощении увеличенных потоков микроволн, подуровней с высоким значением орбитальных квантовых чисел «l», когда увеличение «l» на единицу уменьшает сечения процессов разрушения кластеров на порядок величины.

2. Изменение знака тренда суммарного воздействия солнечной и гео-

магнитной активности в генерацию микроволнового излучения в действительности произошло на 1-3 года ранее 2003 года, что и отразилось на сроках смены знаков в трендах содержания паров воды, метана и озона.

Итак в работе показано, что учет векового хода суммарного вклада солнечной и геомагнитной активностей позволяет объяснить сроки перелома наблюдаемых трендов в содержании атмосферных парниковых газов, прежде всего паров воды. Этот перелом на рубеже 2000/2001 г.г. может проявиться в ближайшее время (с учетом тепловой инерционности атмосферы) в изменении роли природной составляющей глобального потепления.

Влияние СМЕ на формирование тонкой структуры радиовсплесков II типа в декаметровом диапазоне

Афанасьев А.Н.

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

Значительное внимание в последнее время уделяется исследованиям тонкой структуры радиовсплесков II типа в декаметровом диапазоне длин волн. Формирование такой структуры происходит, по-видимому, в результате взаимодействий ударной волны, на фронте которой происходит генерация радиоизлучения, и самого радиоизлучения с окружающей неоднородной плазмой короны и солнечного ветра. В частности, в работе [1] в результате детального анализа нескольких декаметровых радиовсплесков с тонкой структурой в виде дрейфующих волокон был сделан вывод, что указанная тонкая структура формируется, когда ударная волна при своем движении от Солнца догоняет корональный выброс массы (СМЕ). При этом сами волокна объяснялись особенностями механизма генерации радиоизлучения. Вместе с тем, для интерпретации тонкой структуры радиовсплесков, возникающей в присутствии в окосолнечном пространстве неоднородных плазменных образований, также важным является изучение процессов распространения радиоизлучения в такой среде. В предположении, что радиоизлучение генерируется ударной волной, движущейся вслед за СМЕ, такое исследование приобретает особое значение для нелинейных событий (когда тип СМЕ — гало или частичное гало), поскольку радиоизлучение, перед тем как попасть к наблюдателю, проходит через СМЕ.

В настоящей работе рассматривается случай, когда радиоизлучение, генерируемое ударной волной, проходит сквозь СМЕ. Корональный выброс плазмы задается как образование с повышенной электронной плотностью. Предполагается, что генерация радиоизлучения происходит по всему фронту ударной волны на частоте близкой к плазменной. Расчеты траекторий радиоволн и оценки энергии радиоизлучения показали, что неоднородности в распределении электронной плотности в СМЕ могут привести к появлению вблизи наблюдателя областей фокусировок, что, в конечном счете, приводит к формированию на динамическом спектре узкополосных структур похожих на волокна.

[1] Чернов Г.П. и др. // Письма в АЖ, 2007, Т.33, № 3, С.221.

Свойства двух мод дифференциального вращения солнечной короны

Бадалян О.Г.

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

Из наблюдаемого ряда данных о яркости зеленой корональной линии 530.3 нм выделены две составляющие, относящиеся к двум модам дифференциального вращения короны. Характеристики вращения первой составляющей совпадают с параметрами быстрой моды, ранее определенными в [1, 2], т.е. слабая дифференциальность, синодический период на экваторе близок к 27 дням и увеличивается до 28 дней на высоких широтах. Быструю моду представляют долгоживущие крупномасштабные области короны. Вторая составляющая проявляется в основном на высоких широтах и имеет медленное вращение со средним синодическим периодом около 34 дней. Эта величина совпадает с периодом вращения короны на высоких широтах, найденным Вальдмайером по полярным факелам [3]. Можно полагать, что объекты в короне, представляющие быструю и медленную моды, связаны с крупномасштабными и локальными магнитными полями, соответственно.

- [1] Бадалян О.Г., Обридко В.Н., Сикора Ю. // Астрон. журн., 2006, т. 83, с. 352.
- [2] Бадалян О.Г. // Труды IX Пулковской международной конференции «Солнечная активность как фактор космической погоды», (ред. А.В. Степанов, А.А. Соловьев, В.А. Дергачев), С. Петербург, ГАО РАН, 2005, с. 251.
- [3] Waldmeier M. // Zs. Astrophys., 1955, v. 38, p. 37.

**Долгопериодные колебания солнечных пятен
по одновременным наблюдениям на радиогелиографе
Нобеяма и Сибирском Солнечном радиотелескопе**

**Бакунина И.А.¹, Абрамов-Максимов В.Е.², Лесовой С.В.³,
Кардаполова Н.Н.³, Шибасаки К.⁴,², Тихомиров Ю.В.³,
Бакунин В.Л.⁵, Просовецкий Д.В.³**

¹ ФГНУ «Научно-исследовательский радиофизический институт»
Роснауки, Нижний Новгород, e-mail: rinbak@mail.ru

² Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,

³ Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск,

⁴ Nobeyama Solar Radio Observatory, Minamisaki, Nagano, Japan,

⁵ Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород

Квазипериодические колебания (КПК) потока солнечного радиоизлучения были впервые обнаружены в 1964 г. группой М.М. Кобрин в РАС Зименки (НИРФИ) (М.М. Кобрин, О.И. Юдин, М.С. Дурасова). Исследованию долгопериодных колебаний под руководством М.М. Кобрин положил начало эксперимент Кисловодск-Зименки в 1971 г. (М.М. Кобрин, В.В. Пахомов, М.С. Дурасова, Б.В. Тимофеев и др.), в котором приём интегрального потока от Солнца с последующей корреляционной обработкой сигналов для выделения КПК производился для исключения влияния неоднородностей атмосферы одновременно в двух разнесённых на 1500 км пунктах.

Современные радиотелескопы, такие как радиогелиограф Нобеяма (NoRH), открыли новые возможности для изучения колебаний микроволнового излучения с высоким пространственным разрешением 10'' – 20'' (Гельфрейх, Наговицын, 2006).

Мы представляем первые результаты изучения и сравнения параметров долгопериодных КПК крупных солнечных пятен (размером порядка и больше 0.7 угл. минуты), наблюдавшихся одновременно (перекрытие времени наблюдений превышает 4 часа) на двух радиогелиографах — NoRH (17 ГГц) и ССРТ (5.7 ГГц).

Обнаружено:

- 1) долгопериодные колебания уверенно наблюдаются для всех исследованных пятен на обеих частотах и имеют характер устойчивых цугов;
- 2) периоды низкочастотных КПК для обеих частот лежат в пределах от 20 до 150 минут;
- 3) колебания параметров излучения для частоты 17 ГГц выражены ярче, чем для 5.7 ГГц, что согласуется с нашими модельными расчётами;
- 4) для отдельных пятен обнаружена корреляция на обеих частотах фаз и периодов колебаний параметра p (степени круговой поляризации), что может служить доказательством колебаний пятна как единого целого.

Межпятенные источники микроволнового излучения Солнца по наблюдениям с высоким двумерным пространственным разрешением на трёх частотах

*Бакунина И.А.¹, Мельников В.Ф.^{1,2}, Шибасаки К.³,
Яркина Е.Ю.⁴*

¹ ФГНУ «Научно-исследовательский радиофизический институт»
Роснауки, Нижний Новгород, e-mail: rinbak@mail.ru

² Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,

³ Nobeyama Solar Radio Observatory, Minamitsuki, Nagano, Japan,

⁴ Нижегородский Государственный Университет
им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород

Одним из признаков предвспышечной ситуации является появление над нейтральной линией магнитного поля источников радиоизлучения, которые могут существовать сутки и даже более. Изучение таких источников, МПИ — межпятенных микроволновых источников, — может пролить свет на природу и механизмы возникновения вспышек.

По наблюдениям с высоким пространственным разрешением на современных радиогелиографах NoRH (17 и 34 ГГц), ССРТ (5.7 ГГц) и магнитографе MDI/SOHO исследовано 33 активных области (АО), в 15 из которых произошли мощные солнечные вспышки рентгеновского балла М 1.0 и выше. Для нескольких дней прохождения АО по диску Солнца были построены двумерные карты на трёх длинах волн методом контурного наложения распределения яркостных температур параметра Стокса V

—(T_V) (для 5.7 и 17 ГГц) и параметра Стокса I — (T_I) на магнитограммы SOHO/MDI.

В 29 из 33 исследованных АО были обнаружены микроволновые источники с максимумом радиояркости в межпятенной области, которые можно разделить на три класса:

Класс I: протяжённый источник в интенсивности с низкой степенью поляризации ($\sim 1\%$). Может быть виден на всех трёх частотах: 34 ГГц, 17 ГГц и 5.7 ГГц; возможно, этот тип источника — проявление «гало» при интерферометрических наблюдениях (Коржавин, Петерова, 1994). Предложено объяснение механизма излучения МПИ класса I как гиросинхротронного излучения среднерелятивистских электронов, накапливаемых в вершинах магнитных петель активных областей.

Класс II: наблюдается смещение центров яркости в поляризации и интенсивности по отношению друг к другу, либо их общее расположение над нейтральной линией продольного магнитного поля, что может быть связано с появлением в АО ярких компактных, «пекулярных» (Петерова, Коржавин, 1998) или NLS источников (Уралов, 2000), степень поляризации которых может быть различной (от ~ 0 до $\sim 100\%$). Обнаружена тенденция перехода этих источников от NLS к пятенным в процессе эволюции вспышечной активности АО.

Класс III: МПИ наблюдаются только на 17 ГГц в интенсивности как протяжённые источники над всей группой пятен с низкой степенью поляризации ($\sim 1\%$). На 34 ГГц виден равномерный фон. На 5.7 ГГц наблюдаются только источники над пятнами. Механизм происхождения таких МПИ на 17 ГГц и 34 ГГц — тепловое тормозное излучение из всего объёма плотных плазменных петель. На 5.7 ГГц доминирует циклотронное излучение над пятнами. Эти источники характерны для спокойных или слабоспышечных АО (вспышки рентгеновских баллов C, B, A или их отсутствие).

Во вспышечных АО (произведших вспышки балла M1.0 и выше, либо большое количество вспышек балла C), как правило, наблюдаются долгоживущие МПИ классов I и II. Длительное существование МПИ во вспышечных активных областях (от суток и более) свидетельствует о том, что в АО действуют пока неизвестные механизмы длительного предвспышечного ускорения электронов.

Особенности кроссовер-эффекта в полутени солнечного пятна. Результаты наблюдений

Баранов А.В., Баранова Н.Н., Лазарева Л.Ф.

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

Анализировались профили круговой поляризации и профили интенсивности магнитоактивных линий (диапазон длин волн 621.3–633.7 нм) в спектре солнечного пятна группы 289 СД от 03.08.89 г. Испробованы два метода анализа: по линиям с большим расщеплением, что дает возможность детального анализа профилей и использование линий, находящихся вблизи теллурических линий.

В спектре части полутени, расположенной ближе к лимбу, профили интенсивности практически симметричны относительно центров линий. Поведение профилей круговой поляризации разных линий различно. У линий FeI 621.93, 626.51, 632.27 нм и CrI 632.27 нм профили круговой поляризации имеют пики в центре линии, для остальных 5 линий профили близки к обычным. На границе тень–полутень профили круговой поляризации показывают картину ближе к классической.

В части полутени, близкой к центру солнечного диска при обычной форме профиля круговой поляризации в 82% случаев фиолетовые сигма-компоненты линий глубже и профиль интенсивности несимметричен. Асимметрию профиля можно объяснить предположением о наличии в верхних слоях атмосферы пятна потоков вещества с большими скоростями и малым магнитным полем.

Особенности профилей можно расценить как два разных типа кроссовер-эффекта.

Вид профилей сильно меняется от линии к линии и можно предполагать, что оптическая толщина слоя с полем скоростей, вызывающим асимметрию профилей, сравнима с диапазоном оптических глубин образования линий.

Чтобы исказить крыло магнитоактивной линии в полутени, необходимы большие лучевые скорости, что характерно для кроссовер-эффекта и эффекта Эвершеда.

Из анализа профилей интенсивности линий видно, что движущийся со значительной скоростью компонент компактен, т.к. не расширены фиолетовые пики профилей.

Закономерности динамики спектра и распределения радиояркости во вспышечных петлях

Баринов А.В., Мельников В.Ф.

ФГНУ НИРФИ, Нижний Новгород, e-mail: meln@nirfi.sci-nnov.ru

Проведен сравнительный анализ динамики микроволнового излучения ряда солнечных вспышечных петель на основе данных наблюдений радиогелиографа Nobuama, обладающего высоким пространственным разрешением (10'' на 17 ГГц и 5'' на 34 ГГц). Обнаружено непрерывное уплотнение частотного спектра гиросинхротронного излучения на высоких частотах в течение всего всплеска во всех рассматриваемых частях петли (вблизи вершины и оснований). Показано, что это уплотнение может быть объяснено уплотнением энергетического спектра излучающих электронов. Установлены два предельных типа перераспределения радиояркости по длине петли. Общим для обоих типов является то, что на фазе роста радиояркость в вершине растет быстрее, чем в основаниях. Однако, на фазе спада в первом типе отношение потока излучения из вершины к потокам из оснований продолжает увеличиваться, а во втором, наоборот, начинает уменьшаться. И в том и в другом случае наблюдались временные задержки потоков излучения из вершины петли относительно потоков излучения из оснований. Обсуждены возможные причины обнаруженных закономерностей.

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

Функции распределения рентгеновских вспышек и протонных событий (три цикла солнечной активности)

Белов А.В. Курт. В.Г.

НИИЯФ им. Д.В. Скобелевича, МГУ

**Влияние ионно-звуковой турбулентности
на формирование температурного перепада
в переходной области солнечной атмосферы**

Беспалов П.А.¹, Савина О.Н.²

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

²*Нижегородский государственный технический университет,
e-mail: savina@appl.sci-nnov.ru*

Доказан обобщенный закон Видемана — Франца [1] для неизотермической квазинейтральной плазмы с развитой ионно-звуковой турбулентностью и кулоновскими соударениями. Полученные результаты использованы для объяснения аномально низкой теплопроводности в переходной области солнечной атмосферы между хромосферой и короной.

При значительном потоке тепла из короны в хромосферу реализуется режим развитой ионно-звуковой турбулентности. В результате падает теплопроводность среды и возрастает градиент температуры. Определен критический поток тепла, который может пропустить через себя плазма нижней короны в режиме сравнительно малых температурных градиентов, при приближении к которому формируется температурный перепад. Проведенные оценки показали величины критического потока тепла показали ее соответствие известным экспериментальным значениям потока тепла через переходную область. Результаты выполненных модельных расчетов высотного профиля температуры в нижней короне и переходной области неплохо соответствуют известным экспериментальным данным. Полученные результаты полезны для объяснения резкого изменения температуры турбулентной плазмы на расстояниях, меньших длины свободного пробега частиц [2].

[1] Bepalov P.A., Savina O.N. // Mon. Not. R. Astron. Soc., 2007, v. 382, L63-L66 doi:10.1111/j.1745-3933.2007.00389.x.

[2] Беспалов П.А., Савина О.Н. // Письма в АЖ, 2008, т. 34, № 5, с. 378-386.

К диагностике солнечных вспышек

Биленко И.А.¹, Ковалев В.А.²

¹ *Астрономический институт им. П.К. Штернберга, Москва,
e-mail: bilenko@sai.msu.ru*

² *Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН, Троицк, e-mail: v.kovalev@bk.ru*

Предлагается дифференциальный способ диагностики солнечных вспышек. Выделяются три режима: медленный, экспоненциальный и взрывной («режим с обострением»). На основе анализа мягкого рентгеновского излучения ряда импульсных событий получен вывод о преимущественно медленной энергизации (нагреве или ускорении частиц).

Модернизация солнечного спектрально-поляризационного комплекса высокого разрешения на РАТАН-600

Богод В.М.

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

Сообщается о достижении новых параметров приемной системы для исследования солнечного радиоизлучения на радиотелескопе РАТАН-600. Необходимость и важность одновременных наблюдений Солнца в широком диапазоне радиоволн была показана в ряде работ [1], [2], [3], [4]. Приводятся примеры данных наблюдений и некоторые результаты, полученные с помощью нового комплекса.

- [1] Железняков В.В., Злотник Е.Я.// О тонкой структуре микроволнового излучения из центров солнечной активности, 1980, АЖ, т.57, р. 773
- [2] Hurford, G. J.; Read, R. B.; Zirin, H. A// Frequency Angle Interferometer for Solar Microwave Spectroscopy Solar Physics, 1984, Volume 94, Issue 2, pp.413-426
- [3] Bastian T.S., Gary D.E., White SM Hurford G J //Toward a frequenct-Agile Solar Radiotelescope, 1998, Asp Conference Series, Vol. 140
- [4] Богод В.М., Тохчукова С.Х.// С Особенности микроволнового излучения активных областей генерирующих мощные солнечные вспышки, 2003, Письма в АЖ, том. 29, № 3, с.305-316.

Особенности структуры коронального магнитного поля в активных областях на Солнце по многочастотным данным микроволновых наблюдений на РАТАН-600

Богод В.М.¹, Яснов Л.В.²

¹ *Специальная астрофизическая обсерватория РАН,
Санкт-Петербург, Россия, e-mail: vbog@spb.fsa.o.ru*

² *Санкт-Петербургский государственный университет,
Санкт-Петербург, Россия, e-mail: Yasnov@pobox.spbu.ru*

Многоволновые наблюдения поляризованного радиоизлучения активных областей, выполняемые на радиотелескопе РАТАН-600 в микроволновом диапазоне, могут быть эффективны для исследования высотной структуры магнитного поля активных областей на корональных высотах. Для высотных измерений используется метод проекций, точность которого достаточно высока, благодаря высокой точности координатных измерений и одновременным многочастотным наблюдениям поляризованного излучения. Для стабильных активных областей развитая методика используется для изучения сложной высотной структуры магнитного поля. При этом обнаружено, что магнитные поля напряженностью около 1000 Гаусс, определяемые по излучению 3-й гармоники гирочастоты достигают высот солнечной атмосферы от 10 до 40 Мм. Это находится в согласии с наблюдениями магнитных петель в ультрафиолете и соответствует более ранним радиоастрономическим измерениям магнитного поля на уровне переходной области хромосфера-корона. Проведено сопоставление измерений с результатами модельных расчетов для дипольного магнитного поля с вертикальным градиентом от фотосферы.

Реконструкция топологии гелиосферного токового слоя

Будник А.И., Появлин Д.И.

Санкт-Петербургский Государственный Университет

Гелиосферный токовый слой представляет собой интересный объект с точки зрения космической погоды, так как его конфигурация, в совокупности с корональными выбросами, может приводить к геоэффективным последствиям. Нами предложена кинематическая модель, использующая синоптические карты на поверхности источника в качестве граничных условий. Данный метод позволяет проводить трехмерную реконструкцию токового слоя. В модели заложены такие параметры как динамика солнечного ветра и дифференциальное вращение Солнца. Используя данные

космических аппаратов Ulysses и ACE применена так называемая методика обратного проецирования, что позволило оценить точность модели. Результаты получены для минимума и максимума солнечной активности. Проведена реконструкция для оборотов, охватывающих 1996–2002 гг., что позволяет оценить сложность морфологии исследуемого объекта на разных фазах солнечного цикла, проследить эволюцию гелиосферного токового слоя от оборота к обороту, от минимума к максимуму солнечной активности.

Особенности гелиосферного плазменного слоя при зарождении активности нового 24 цикла

Вальчук Т.Е.

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

Исследование гелиосферного плазменного слоя (ГПС) в период эпохи минимума солнечной активности (СА) представляет особый интерес, т.к. именно в это время ГПС становится наиболее плоским и приближенным к плоскости эклиптики. ГПС разделяет области преимущественной полярности в солнечном ветре (СВ) околоземного космоса, чередование которых представляет собой вариации секторной структуры межпланетного магнитного поля. Внутри ГПС находится гораздо более тонкий гелиосферный токовый слой (ГТС). Вышеперечисленные гелиосферные характеристики относятся к долговременным проявлениям СА, поэтому прохождение границ секторной структуры содержит информацию о динамике СА в экваториальном поясе Солнца в период минимума [1]. Отметим, что уверенные наблюдения новых проявлений СА, говорящие о начале 24 цикла солнечной активности, обнаружены в апреле 2008 г.: 12 апреля 2008 г. высокоширотная активная область появилась на восточном лимбе в северном полушарии Солнца, по мере ее движения наблюдалось небольшое пятно. Эта активная область уже определенно имела соответствующую 24 циклу южную лидирующую полярность. По-видимому, положено начало фазе роста СА.

Минимум 23 цикла СА в 2006-2007 гг. содержал спорадические проявления СА, среди которых доминировали слабые и умеренные возмущения, что характерно для этого периода. Однако событие мощной геомагнитной бури 13 декабря 2006г. подтвердило возможность возникновения геомагнитных экстремумов в эпоху минимума СА. Причиной экстремумов была

X-вспышка на Солнце, после которой произошла подвижка границ секторной структуры, выявленная в последовательном прохождении рекуррентных ситуаций в СВ вблизи Земли.

Наиболее частыми причинами рекуррентной возмущенности магнитосферы в протекшем минимуме СА являются лидирующие границы высокоскоростных коротящих потоков СВ. Мощные и рекуррентные высокоскоростные потоки СВ в минимуме СА 2006-2007 гг. являются основной особенностью фазы минимума. Фрактальный анализ по методу Хигучи [2] параметров СВ периода минимума позволяет выявить ряд особенностей, связанных с отождествлением ГПС (без смены секторной структуры). Предположительная трактовка этих ранее не наблюдавшихся проявлений заключается в том, что, по-видимому, обнаружено проскальзывание по периферии ГПС без пересечения гелиосферного токового слоя, гораздо более тонкого в сравнении с ГПС.

- [1] Val'chuk T.E. // 31-st Annual seminar «Physics of auroral phenomena», RAS, Kola Science Center, PGI-08-01-124, 2008, p.54.
- [2] Higuchi T. // Physica, D31, 1988, p.277.

Распределение магнитных биполей в солнечном цикле

Васильева В.В., Тлатов А.Г.

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

По данным наблюдений магнитного поля Солнца на телескопах KPVT за период 1975–2002 гг. и SOHO/MDI за период 1996–2007 гг. выделены и изучены свойства магнитных биполей в солнечном цикле. В частности подтверждено, что первые биполи нового цикла появляются в высокоширотных областях за несколько лет до минимума активности, но после завершения магнитной переполюсовки Солнца. Установлены изменения углов наклона ориентации биполей от фазы цикла, широты и интенсивности магнитного поля.

Асимметрия распределения 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 РАН,
С.-Петербург

Ранее мы рассмотрели долготную асимметрию распределения сильных фотосферных магнитных полей ($|B| > 100$ Гс) для 1976–2003 гг. (данные NSO Kitt Peak). Было обнаружено два противоположных типа распределения, характерных для разных периодов 11-летнего солнечного цикла. На фазах подъем – максимум распределение магнитного поля имело максимум около 180° кэррингтоновской долготы. Для фаз спад – минимум максимум наблюдался на диаметрально противоположной долготе — $0^\circ/360^\circ$.

В данной работе при рассмотрении слабых магнитных полей ($|B| < 5$ Гс) также наблюдались различные долготные распределения для указанных выше периодов солнечного цикла. В отличие от сильных полей слабые поля концентрировались на долготе $0^\circ/360^\circ$ для фаз подъем - максимум и 180° для фаз спад – минимум, то есть в противофазе к сильным магнитным полям.

К числу устойчивых долгоживущих проявлений солнечной активности относятся корональные дыры — участки солнечной поверхности с открытыми магнитными полями, связанные с униполярными областями в фотосфере. Нами рассмотрены долготные распределения корональных дыр по данным NSO Kitt Peak за 1989–2002 гг. Как для изолированных, так и для полярных корональных дыр долготные распределения имеют отчетливо асимметричную форму. Так же, как в случае распределения фотосферного магнитного поля имеются две доминирующие долготы: 180° и $0^\circ/360^\circ$. Однако эти распределения не изменяются в ходе солнечного цикла. В течение всего цикла доминирующая долгота для изолированных корональных дыр — $0^\circ/360^\circ$, а для полярных — 180° .

Проект был поддержан Российским Фондом Фундаментальных Исследований, грант 07-02-00920.

**Retrospective analysis of sporadic and recurrent
perturbations on the Sun and in the heliosphere using
indirect method based on the data analysis
of geomagnetic archives: 1859-1860**

*Veselovsky I.S.^{1,2}, Mursula K.³, Ptitsyna N.G.⁴, Tyasto M.I.⁴,
Yakovchouk O.S.¹*

¹*SINP MSU, Russia,
e-mail: olesay@dec1.sinp.msu.ru*

²*IKI RAS, Russia,*

³*Oulu University, Finland,*

⁴*SPbF IZMIRAN, Russia*

Russian geomagnetic network archive data was used for the study of the famous event of August-September, 1859 and subsequent period of time. It is demonstrated that this sporadic event was the first and strongest in a series of weaker recurrent perturbations during several rotations of the Sun in 1859-1860. The geomagnetic storm was initiated by complex and multiple perturbations in the heliosphere after solar eruptions. It was one of biggest events of this sort, documented up to now. Similar geomagnetic events combining sporadic and regular features in the past also originated on the Sun and in the heliosphere. Their origins root in the combination of solar active regions and coronal holes considered as entity, not separately. This solves the long standing problem posed by J. Bartels about the physical nature of M-regions on the rotating Sun responsible for geomagnetic storms. Coronal holes and active regions taken separately are not sufficient for this purpose. The estimated maximal solar wind velocity on September 1, 1859 was more than 2000 km/s in average on the way from the Sun to the Earth, the southward directed interplanetary magnetic field component attained values up to ~50-100 nT, inductive electric fields in the solar wind up to ~0.1-0.2 V/m.

**Возможности и перспективы
параметризации цикла Швабе**

Волбуев Д.М.

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

Параметризация формы цикла является одной из традиционных задач физики Солнца, она тесно связана как с проблемой долгосрочного

прогноза солнечной активности, так и с проблемой происхождения вековых вариаций. В данной работе параметризация определена как аппроксимация временной эволюции одного из индексов активности (напр. чисел Вольфа) в 11-летнем цикле от минимума до минимума моделью с одним управляющим параметром.

При такой однопараметрической аппроксимации, полная применимость какой-либо модели к описанию всего семейства солнечных циклов будет говорить о том, что вековая огибающая определяет основные параметры цикла. Наоборот, неудача однопараметрической аппроксимации для широкого класса моделей будет свидетельствовать в пользу независимости каждого цикла, когда огибающая определяется текущим циклом по ходу его эволюции.

Мы рассмотрели несколько вариантов упрощенных динамо-моделей в терминах обыкновенных дифференциальных уравнений, перспективных для параметризации и аппроксимировали семейство циклов в ряде Вольфа. Для наилучших моделей порядка 90% вариации максимумов и 80% суммарной интенсивности циклов определяется их усредненной огибающей.

What can we learn about solar dynamo and solar influences on climate from geomagnetic data

Georgieva K.

Solar-Terrestrial Influences Lab., Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria, e-mail: kgeorg@bas.bg

The solar activity cycle consists of the transformation of the solar poloidal magnetic field into toroidal field, and of this toroidal field into new poloidal field with the opposite polarity. While the transformation of the poloidal field into toroidal field is believed to be clear, the physical mechanism responsible for the regeneration of the poloidal component from the toroidal component has not yet been identified with confidence. A promising class of solar dynamo models — the flux-transport models — require as a key element a large-scale meridional circulation whose speed is supposed to rule the amplitude and period of the sunspot cycle. This circulation has been indeed observed, but in order to verify the validity of the models, the variations in its speed have to be compared to the variations in the sunspot cycle amplitude and period for multiple sunspot cycles. However, observational data are not available for more than one full sunspot cycle. Here we show how the long-term variations in the speed of the meridional circulation can be derived from geomagnetic and cosmogenic isotope data, and what this can tell us about the operation of the

solar dynamo. Next we show how geomagnetic data can be used to derive the long-term evolution of the solar poloidal and toroidal fields, and demonstrate that their long-term variations are not identical. A comparison with the long-term variations in the terrestrial surface air temperature proves that the role of changing solar activity for the climate change is strongly underestimated in recent evaluations.

О динамике структур грануляционного поля

Гетлинг А.В.¹, Бучнев А.А.²

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

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

Как сообщалось ранее [1, 2], на изображениях солнечной грануляции, усредненных по временным интервалам в 1–2 ч, выявляются квазирегулярные структуры в виде семейств параллельных полос или концентрических колец (круговые и линейные «гряды» и «борозды» в рельефе яркости). Обработка таких изображений с помощью программы COLIBRI — специальной модификации программы, первоначально разработанной для поиска геологических структур на аэрокосмических снимках — выявила присутствие «изборожденности» практически повсеместно на солнечной поверхности [3]. Это дает основания думать, что валиковые конвективные течения широко распространены в подфотосферных слоях и образуют тонкую структуру конвективных ячеек супергрануляционных и мезогрануляционных масштабов. Как видно из анализа картин изборожденности, семейства гряд и борозд преимущественно образуют фрагментарные, «лоскутные» структуры, подобные структурам неустановившейся валиковой конвекции. В данной работе пакетный вариант программы COLIBRI, позволяющий обрабатывать последовательности изображений, используется для изучения динамики и характерных времен жизни отдельных фрагментов. Полученные таким образом фильмы позволяют в ряде случаев проследить связь времени жизни семейств гряд и борозд с их масштабом. По-видимому, отдельные фрагменты с небольшими временами жизни (порядка 30–40 мин) могут быть связаны с более крупными структурами, времена жизни которых лежат в диапазоне 1–2 ч (возможно, до 3 ч).

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 07-02-01094).

- [1] Getling A.V., Brandt P.N. // Astron. Astrophys., 2002, v.382, p.L5.
- [2] Getling A.V. // Solar Phys., 2006, v. 239, p. 93.
- [3] Getling A.V., Buchnev A.A. // Solar Phys., 2008, v. 248, p. 233.

**Создание солнечного оперативного
телескопа-спектрополяриметра на базе существующего
телескопа-гелиосейсмографа**

Голубов И.Л., Тлатов А.Г.

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

В 1992 году на Горной астрономической станции ГАО установлен телескоп гелиосейсмограф, изготовленный в лаборатории SCLERA Аризонского Университета. Телескоп входил в состав проекта наблюдений осцилляций в непрерывном режиме сетью однотипных телескопов, установленных в Туссоне (США), Юннань (Китай) и на ГАС ГАО (Кисловодск). Телескоп использовался как фотометр с регистрацией солнечных осцилляций одновременно в трех диапазонах длин волн: зеленом (507нм); красном (747 нм), и в инфракрасном (1600 нм). Оптическая ось телескопа направлена на полюс Мира и слежение за Солнцем в течение дня осуществляется путем вращения телескопа вокруг оптической оси при помощи шагового электродвигателя. Система управления телескопом предусматривает прецизионное гидирование и возможность сканирования изображения Солнца с дискретностью 0.13 угл.сек. В рамках разрабатываемого проекта предлагается переоборудовать телескоп в спектрогелиограф и дооснастить системой измерения магнитных полей в спектральных линиях FeI 630.15 и 630.25 нм, с возможностью регистрации и других спектральных линий. Представлены ожидаемые технические характеристики телескопа, проработка оптической схемы и системы регистрации.

**Радиоизлучение внешних слоёв атмосферы Солнца
по данным наблюдений солнечного затмения
29 марта 2006 года**

*Голубчина О.А., Коржавин А.Н., Тохчукова С.Х.,
Богод В.М.*

*Санкт-Петербургский филиал Специальной астрофизической
обсерватории, Санкт-Петербург, e-mail: golubchina_olga@mail.ru*

Наблюдение солнечного затмения 29.03.2006 г. выполнены на радиотелескопе РАТАН-600 в широком диапазоне сантиметровых волн: 1-30 см ([1] и [2]). Сравнение результатов наблюдений и моделирования прохождения Луны и Солнца через ножевую диаграмму направленности антенны в моменты, близкие к моменту максимальной фазы солнечного затмения, позволили оценить некоторые параметры радиоизлучения внешних слоёв атмосферы Солнца на ряде сантиметровых длин волн.

- [1] Богод В.М., Голубчина О.А., Жеканис Г.В., Коржавин А.Н., Котельников В.С., Нижельский Н.А., Цыбулёв П.Г. // Астрофизический Бюллетень, 2007, т.62, 4, с.379.
- [2] Голубчина О.А., Богод В.М., Коржавин А.Н., Тохчукова С.Х. // Астрофизический Бюллетень, 2008, т.63, 1, с.36.

**О внутренних волнах в магнитных облаках
солнечного ветра и в магнитосфере Земли**

Гриб С.А.

ГАО РАН, Пулково, СПб, 196140, Россия

Рассматриваются недавно обнаруженные в магнитных облаках солнечного ветра внутренние волны, аналогичные ударным волнам солнечного ветра, преломлённым внутрь магнитосферы Земли. Доказывается, что эти волны как внутри магнитных облаков, так и в магнитосфере, сохраняют диссипативный характер и имеют эффективное число Маха больше единицы. Солнечные прямые ударные волны могут преломиться в облако через заднюю границу, нагнав её со стороны Солнца, а обратные волны солнечного ветра могут преломиться через переднюю границу, пройдя перед этим через иногда существующую отошедшую ударную волну. Второй случай взаимодействия является аналогом взаимодействия бегущей ударной

волны с системой головная ударная — магнитосфера Земли. В обоих случаях возникают быстрые волны разрежения, создающие только в плазме магнитопереходного слоя перед магнитосферой бегущие вторичные волны разрежения. Указывается на большое значение полученного МГД решения, описывающего отражение и преломление солнечных волн, для прогнозирования внезапных возмущений солнечного ветра, магнитосферной плазмы и геомагнитного поля.

Работа выполнялась по программе ОФН РАН № 16.

**Начальная фаза эруптивного события на западном
лимбе Солнца 2 декабря 2003 г. по микроволновым
наблюдениям на РАТАН-600**

Григорьева И.Ю., Боровик В.Н., Абрамов-Максимов В.Е.

*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,
Санкт-Петербург, e-mail: borovik@МК4099.spb.edu*

Приводятся результаты микроволновых наблюдений эруптивного события на западном лимбе Солнца 2 декабря 2003 г., включающего в себя выброс волокна, корональный выброс массы (СМЕ), ряд слабых (класса С и М по GOES) вспышек на фоне длительной рентгеновской вспышки (LDE), формирование системы послевспышечных петель. Многоволновые наблюдения Солнца выполнены на радиотелескопе РАТАН-600 (четыре наблюдения с интервалом ~ 1 час) в диапазоне 1.8 см – 8.0 см с регистрацией интенсивности и круговой поляризации. Анализируются спектральные микроволновые характеристики надлимбовых источников радиоизлучения, наблюдавшихся на начальной стадии развития нестационарного процесса.

Лимбовые корональные лучи как предикторы гелиомагнитной картины на диске Солнца

Гусева С.А., Шрамко А.Д.

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

В работе проведено исследование формы лимбовых структур в солнечной короне (корональных лучей и арочных систем) на высотах (1–5) R_{\odot} и особенностей в распределении магнитных полей, нейтральных линий и протуберанцев вблизи солнечной поверхности. В качестве наблюдательных данных о структуре солнечной короны были использованы патрульные снимки с орбитальных телескопов (инструменты LASCO и EIT спутника SOHO), а информация о магнитных полях бралась из наблюдений наземного магнитографа в Стэнфорде. Форма и положение протуберанцев в линии $H\alpha$ — по наблюдениям на Кисловодской ГАС ГАО РАН.

Цель работы — выяснить какого типа зависимость существует между высотой и формой корональных шлемовидных лучей и величиной поперечного градиента фонового магнитного поля, а также формой протуберанцев на линии раздела полярностей радиального поля в основаниях корональных лучей.

Сделан статистический анализ параметров лучей короны Солнца за период 23-го Солнечного цикла.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 06021633, и научной школы № 6110.2008.2.

Временные особенности ряда полярных факелов

Давыдов В.В., Макарова В.В.

*Горная Астрономическая станция Пулковской обсерватории,
Кисловодск, e-mail: davale@rambler.ru*

Рассматриваются долговременные вариации данных по полярным факелам (ГАС ГАО, Кисловодск, 1961–2007 гг.). Делается вывод о присутствии периода в 27 лет и стабильное уменьшение длительности 11-летнего цикла. Полярные факелы сравниваются с рядами солнечных пятен и аналогичными японскими данными.

Долгопериодные корреляции геофизических величин и индексов солнечной активности

Давыдов В.В., Пархоменко А.В.

*Горная Астрономическая станция Пулковской обсерватории,
Кисловодск, e-mail: davale@rambler.ru*

Рассматриваются многолетние данные по землетрясениям (> 7 баллов) и метеоданным (приземные температуры) в поисках их корреляций с индексами солнечной активности. Применяется аппарат кроссвейвлетного анализа для исследования фазовых соотношений рядов данных и их стабильности.

Активизация волокон и вспышки на Солнце

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

*Государственный Астрономический институт им. П. К.
Штернберга, Москва, e-mail: galina-porfirieva@yandex.ru,
e-mail: yakunina@sai.msu.ru*

Механизм активизации волокон до сих пор еще не вполне ясен. Однако из наблюдений хорошо известно, что активизация волокон тесно связана с другими активными процессами на Солнце, такими как вспышки и корональные выбросы масс.

В представленном обзоре рассмотрены конкретные случаи связи активизации волокон с вспышками. Используются наблюдения на куде-рефракторе Оптон с узкополосным H_{α} -фильтром в Высокогорной Тяньшаньской экспедиции ГАИШ, результаты, опубликованные в научных журналах и данные из Интернета.

На основе анализа данных о внезапно исчезающих волокнах и вспышках, приводимых в SGD (Solar Geophysical Data) за два солнечных цикла, установлена зависимость степени связи активности волокон и вспышек. Оказалось, что процент внезапно исчезающих волокон, предшествующих вспышкам, в годы максимума солнечной активности больше, чем в годы минимума.

**Вариации крупномасштабных магнитных полей
Солнца в диапазоне минуты-часы
при стоксометрических измерениях**

Демидов М.Л.

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

Проблема быстрых вариаций солнечных магнитных полей различных пространственных масштабов представляет интерес для физики Солнца, астрофизики, и некоторых аспектов геофизики. Различные её аспекты рассмотрены, в частности, в работах [1-2]. Однако, эти и другие прежние исследования основаны на магнитографических наблюдениях, недостатком которых является отсутствие информации об особенностях распределения параметров Стокса по контурам спектральных линий. Гораздо более информативными являются спектрополяриметрические наблюдения, на которых основана данная работа. С использованием длительных рядов наблюдений (продолжительностью 3-5 часов) крупномасштабных магнитных полей, полученных на стоксметре телескопа СТОП Саянской обсерватории в различных спектральных линиях, исследуются (методами Фурье- и вэйвлет-анализа) вариации не только собственно напряженности магнитного поля, но и некоторых других величин (скорость, параметры асимметрии), вычисляемых из I- и V-профилей Стокса. Показано, что наилучшим образом выявляются колебания с периодами около 80 и 60 минут, и, менее уверенно, с периодами около 35, 20 и 12 минут. Отмечается, что аналогичные длиннопериодные колебания, согласно [3], обнаружены в колебаниях лучевых скоростей в активных областях. Интересно, что 5-минутные колебания не проявляются в вариациях напряженности, но достаточно отчетливо видны в скоростях. Приводится предварительная интерпретация полученных результатов.

- [1] Tanenbaum A.S., Wilcox J.M., and Howard R. // IAU Symp. 43. Proc., 1970, p.348.
- [2] Demidov M.L. // Solar Phys., 1995, v.159, p.23.
- [3] Ефремов В.И., Парфиненко Л.Д., Соловьев А.А. // Астрон. журн., 2007, т.84, No.5, с.450.

**Особенности распределения по диску Солнца
магнитных полей при сопоставлении наблюдений
в различных обсерваториях**

Демидов М.Л., Голубева Е.М., Григорьев В.М.

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

Несколько месяцев тому назад на широко используемом астрономами всего мира сайте известного проекта SOHO появилась информация, что все данные о магнитных полях, полученные прибором MDI, должны быть существенным образом пересмотрены (перекалиброваны). Основанием для такой кардинальной меры явились, в основном, результаты работы [1] по сопоставлению наблюдений на SOHO/MDI и в обсерватории Маунт Вилсон. Данный факт лишний раз демонстрирует важность исследований по сопоставлению наблюдений магнитных полей, выполненных в различных спектральных линиях и обсерваториях. В настоящей работе приводятся результаты анализа распределения по диску Солнца отношений напряженности при сопоставлении наблюдений в пяти обсерваториях: Саянской, им. Дж. Уилкокса, Китт Пик, Маунт Вилсон, SOHO/MDI. Показано, что в некоторых комбинациях данных, наряду с более-менее очевидными центро-лимбовыми вариациями таких отношений, имеет место ярко выраженная экваториально-полярная асимметрия. Для вычисления усреднённых по диску коэффициентов регрессии в нескольких случаях наряду с попиксельным анализом нами применялся метод выравнивания гистограмм ((МВГ), используемый некоторыми западными авторами (см., например, [2]) для сопоставления магнитограмм с различным пространственным разрешением. Показано, что МВГ обладает существенными недостатками, что делает результаты, полученные с его применением, менее достоверными.

- [1] Tran A.S., Bertello L., Ulrich R.K., and Evans S. // *Astrophys.J.Suppl.Ser.*, 2005, v.139, p.295.
- [2] Wenzler T., Solanki S.K., Krivova N.A., and Fluri D.M. // *Astron.Astrophys.*, 2004, v.427, p.1031.

**Глобальное потепление 20-го века
и долговременная солнечная активность**

Дергачев В.А.¹, Распопов О.М.², Юнгнер Х.³

¹*Физико-технический институт им. А.И. Иоффе РАН,
С.-Петербург, Россия*

²*Санкт-Петербургский филиал ИЗМИРАН им. Н.В. Пушкова
РАН, С.-Петербург, Россия*

³*Хельсинкский университет, Хельсинки, Финляндия*

Представлены результаты анализа климатических характеристик и рассмотрено изменение климата за счет естественных процессов на временной шкале последних сотен лет.

Для того, чтобы уверенно оценивать изменение климата в настоящее время и прогнозировать его изменения в будущем, необходимо делать ставку на долговременную картину таких изменений в прошлом, опираясь на информацию, получаемую из косвенных данных. Однако необходимо учитывать, что косвенные данные не являются прямой мерой климатической изменчивости и часто имеют ряд других недостатков, например, включают в себя несколько климатических характеристик одновременно (температуру, выпадение осадков и др.), имеют плохое временное и пространственное разрешение. Не спасает положение дел и широкое использование моделей климата. Поэтому изучение климата требует междисциплинарного подхода.

Наиболее обеспеченным надежными данными периодом для изучения изменений климата является прошедшее тысячелетие, в котором уверенно выделяют эпохи низкой и высокой солнечной активности и так называемый „малый ледниковый период”¹, хорошо задокументированный в Северной Европе и Америке. Поэтому прошедшее тысячелетие может служить пробным периодом для изучения закономерностей изменения климатических характеристик и понимания причин, воздействующих на изменение климата на масштабах времени в десятки — сотни лет и выявлению этих причин в более удаленном прошлом. На региональных масштабах внешние сигналы, воздействующие на климат, могут быть замаскированы внутренними сигналами, связанными с изменчивостью системы атмосфера — океан. Обилие данных по изменению температуры и осадков по различным регионам позволяет идентифицировать регионы, наиболее адекватно отражающие функции внешних воздействий.

**Характеристики групп солнечных пятен
в период 1853-1879 гг.**

Джемакулов А.А., Пархоменко А.В., Тлатов А.Г.

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

Проведена оцифровка каталогов групп солнечных пятен Р. Кэррингтона за период 1853–1861 гг. и Г. Шперера за период 1861–1879 гг. Сформированы электронные базы данных, включающие свойства групп пятен. Проведено сравнение с данными групп солнечных пятен Гринвичской обсерватории. Выполнен анализ широтного распределения и дифференциального вращения групп солнечных пятен за этот период.

**Колебания излучения активных областей
в линии CaII 8498Å**

Дивлекеев М.И.

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

Сообщаются результаты наблюдений шести активных областей (АО) в линии Ca II 8498 Å, которые выполнены в Москве на Башенном солнечном телескопе АТБ1 ГАИШ в 2004 и 2005 г. В АО излучение жгута магнитных трубок с током в этой линии нестабильно, имеются колебания с периодами от 3 до 30 мин. На фазе роста интенсивности фонового излучения периоды колебаний уменьшаются, а на фазе спада увеличиваются. Амплитуда колебаний на уровне фонового излучения составляет примерно 10% от уровня непрерывного. В максимуме вспышек наблюдаются колебания с периодами 3 и 5 мин, амплитуда которых зависит от характера вспышки.

Изучается связь этих колебаний со вспышками.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ № 08-02-00975.

Многоволновые наблюдения динамических процессов на Солнце и в гелиосфере 30.07.2005

Дивлекеев М.И.¹, Яковчук О.С.², Веселовский И.С.^{2,3}

¹ МГУ, Государственный астрономический институт им. П.К.Штернберга, Москва, e-mail: div@sai.msu.ru

² Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скобельцына МГУ, Москва, e-mail: olesya@dec1.sinp.msu.ru

³ Институт космических исследований РАН, Москва

30 июля 2005 года наблюдалась высокая солнечная активность в северном полушарии. В наиболее продуктивной активной области (АО 10 792) были отмечены 2 рентгеновских вспышки класса С (С9.4(05:03) и С8.9(16:39)) с небольшими корональными выбросами массы (КВМ) и вспышка класса Х1.3(06:17) с последующим КВМ типа гало.

Эта область интересна тем, что перед рентгеновской вспышкой балла С 9.4 в линии Са II 8498 А наблюдались как опускание, так и выброс вещества. В мягком рентгене вспышка началась в 05:03 UT, имела максимум в 05:19 UT и закончилась в 05:36 UT, а в линии Н α она произошла в 05:07 UT, достигла максимума в 05:17 UT и завершилась 06:05 UT (по данным обсерватории Learmonth). Можно предположить, что излучение начавшейся вспышки перекрывается опускающимся плотным облаком более холодного вещества, расположенным выше. Последующий подъем вещества привел к компактному КВМ, который был зарегистрирован коронографом С2 LASCO в 05:57 UT.

В работе представлены спектральные наблюдения этой АО в линии Са II 8498 А, которые проводились на солнечном телескопе АТБ — 1 ГАИШ с 05:00 UT. Сделана попытка проследить динамические процессы в этой АО области и в гелиосфере.

Солнечная активность в рентгеновском диапазоне длин волн и ее влияние на околоземное пространство на протяжении 22 и 23 солнечных циклов

Дмитриев П.Б.

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

На основе разработанного метода объединения многочисленных разрозненных во времени однотипных рядов измерений в единый средневзвешенный ряд по данным измерений спутников серии GOES

(<http://spidr.ngdc.noaa.gov>) на протяжении 22 и 23 циклов солнечной активности были синтезированы почасовой ряд потока мягкого ($1 - 8 \text{ \AA}$) рентгеновского излучения Солнца и среднесуточные ряды, характеризующие параметры солнечного ветра на орбите Земли и состояние её магнитосферы: интегральный поток электронов ($> 2 \text{ МэВ}$), интегральный поток протонов ($> 5 \text{ МэВ}$), поток альфа частиц ($4 - 10 \text{ МэВ}$) и величины общего вектора магнитного поля Земли. Путём усреднения почасового потока рентгеновского излучения по четырёхчасовым интервалам из него были выделены среднесуточные вспышечная и «фоновая» составляющие, которые в дальнейшем рассматривались в качестве индекса солнечной активности.

Используя метод построения комбинированной спектральной периододграммы, в вышеперечисленных рядах данных для каждого из солнечных циклов в отдельности были обнаружены квазипериодические компоненты с периодами от нескольких дней до года. Значения этих выявленных квазипериодов отражают средние времена «жизни» активных образований солнечной атмосферы (групп солнечных пятен, факельных площадок, взаимодействующих корональных петель) и свойства структуры межпланетного поля.

Исследованы взаимные корреляционные функции вспышечного и «фонового» компонентов потока солнечного рентгеновского излучения с потоками электронов, протонов и альфа частиц на орбите Земли и величиной её магнитного поля. По временным сдвигам значений взаимных корреляционных функций оценены средние скорости распространения в околоземном пространстве выше перечисленных потоков частиц.

**Временная структура и энергетический спектр
рентгеновского излучения солнечной вспышки
15 апреля 2002 года по данным спектрометра «ИРИС»
эксперимента «КОРОНАС-Ф»**

*Дмитриев П.Б.¹, Кудрявцев И.В.^{1,2}, Лазутков В.П.^{1, 1},
Савченко М.И.¹, Скородумов Д.В.¹*

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

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

Рассматривается временная структура и динамика энергетического спектра жесткого рентгеновского излучения лимбовой вспышки 29 октября 2002 года, начавшейся в 2305 UT и зарегистрированной спектрометром

«ИРИС» с временным разрешением в одну секунду во время проведения космического эксперимента «КОРОНАС-Ф». Длительность вспышки в диапазоне жесткого рентгеновского излучения составила около 10 минут, а рентгеновский класс — M1.2.

Анализ временного профиля жесткого рентгеновского излучения показал, что его структура состоит из трех перекрывающихся всплесков длительностью около полутора минут каждый. Более подробное изучение временной структуры вспышки одновременно в пяти энергетических диапазонах: 15–24, 24–42, 42–77, 77–112, 112–156 кэВ; при помощи модифицированного метода спектрального анализа, позволило выявить существование во вспышечном излучении мощного квазипериодического компонента с периодом в 22 секунды (в первых двух энергетических диапазонах) и широкий спектр более слабых компонентов с периодами от 4 до 16 секунд во всех энергетических диапазонах. Квазипериодические осцилляции величиной в 22 секунды могут быть объяснены механизмом возникновения и распространения в магнитной петлевой структуре активной области атмосферы Солнца магнитогидродинамических волн.

Изучение динамики энергетического спектра с временным разрешением в одну секунду показало что как на секундном, так и на более крупном временном усреднении характер энергетического спектра не меняется и может быть с большой точностью аппроксимирован степенной зависимостью на протяжении всей вспышки, что говорит о нетепловом механизме генерации излучения.

Поляризация нелинейных альвеновских волн в межпланетном пространстве

Ерофеев Д.В.

*Уссурийская астрофизическая обсерватория ДВО РАН,
e-mail: erofeev@ufl.ru*

Поляризация низкочастотных альвеновских волн исследуется по измерениям вектора межпланетного магнитного поля (ММП) на околоземных орбитах в 1964–2005 гг. Альвеновские волны в межпланетном пространстве по-видимому распространяются в виде нелинейных волновых пакетов. Теоретически из условия несжимаемости возмущения ($\nabla \cdot \mathbf{V}^2 = 0$) следует, что линейная поляризация компоненты с частотой ν_0 определяется соотношением $\mathbf{b} \parallel [\mathbf{V}_T, \mathbf{k}]$, где \mathbf{b} — магнитное поле этой компоненты, \mathbf{k} — ее волновой вектор, \mathbf{V}_T — сумма регулярной составляющей магнитного поля и вклада в ММП альвеновских волн с частотами $\nu < \nu_0$. Тогда при постоянном или медленно меняющемся направлении волнового вектора

к существует определенного вида статистическая связь между направлением поляризации компоненты ν_0 и направлением «среднего» поля \mathbf{V}_T . Последнее на практике можно оценить как скользящее среднее от вектора ММП, рассчитанное с интервалом усреднения $T \approx 1/\nu_0$.

Анализ экспериментальных данных показал, что для альвеновских волн часового диапазона связь между их поляризацией и направлением «среднего» поля \mathbf{V}_T действительно существует. Это позволило определить направление волнового вектора \mathbf{k} , которое оказалось регулярно изменяющимся в ходе 22-летнего магнитного цикла Солнца. В среднем направление \mathbf{k} приблизительно совпадает с радиальным (от Солнца) направлением, но отклоняется от него на угол около 45° поочередно к северу или к югу в периоды минимумов солнечной активности, причем направления отклонений противоположны в положительном и отрицательном секторах ММП.

Влияние индукционных электрических токов на параметры плазмы приповерхностных слоев Солнца

Ефименко В.М.¹, Токий В.В.², Токий Н.В.²

¹ *Астрономическая обсерватория КНУ имени Тараса Шевченко,
Украина, Киев, e-mail: efim@observ.univ.kiev.ua*

² *Донецкий физико-технический институт им. А.А. Галкина
НАНУ, Украина, Донецк, e-mail: ntv1976@mail.ru*

В нашей работе [1] рассмотрены изменения параметров изотермического плазменного слоя с расстоянием от поверхности Солнца без учета общего магнитного поля Солнца. Первой моделью коронального расширения, в которой учитывалась магнитная сила, была одножидкостная политропная модель, сформулированная Вебером и Дэвисом [2]. В их работе магнитное поле у основания короны считалось монопольным. Такое задание поля не адекватно реальности, но лишь оно совместимо с точными решениями для сферически-симметричного стационарного расширения короны [3].

В настоящей работе рассмотрены изменения параметров приповерхностных плазменных слоев солнечной атмосферы с расстоянием от поверхности Солнца, учитывающие дипольное приближение для общего магнитного поля и дифференциальное вращение Солнца.

Представлена стационарная система уравнений для солнечной плазмы, которая включает уравнения: равновесия, состояния идеального газа, закона Ома и энергетического баланса, с учетом излучения и теплопроводности. Поскольку при идеальном магнитогидродинамическом рассмотрении с бесконечной проводимостью плазмы (нулевым сопротивлением) не индуцируются электродвижущие силы [4], поэтому решение системы

уравнений проведено с учетом конечной величины электропроводности. В результате решения системы уравнений получены зависимости температуры, давления и плотности плазмы от расстояния до поверхности Солнца.

Проведено сравнение вкладов потоков механической энергии и джоулевой диссипации индукционных меридиональных токов, обусловленных дифференциальным вращением Солнца, в нагрев слоев солнечной атмосферы [5].

- [1] Токий В.В., Ефименко В.М., Токий Н.В. Изв. Крымской Астрофиз. обс. 2006. Т. 103, ч. 2. С. 51-59.
- [2] Weber E.J., Davis L. *Astrophys. J.* 1967. V. 148. P. 217-227.
- [3] Хундхаузен А. Расширение короны и солнечный ветер. 1976. М. Мир. 302 с.
- [4] Parks G.K. *Space Science Reviews.* 2004. V. 113. P. 97-125.
- [5] Hammer R. *Astrophys. J.* 1982. V. 259. P. 779-791.

Электрические токи в корональных магнитных петлях

Зайцев В.В., Круглов А.А.

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

Внутри корональных петель генерируются мощные электрические токи, влияющие на нагрев плазмы и глобальную динамику самих петель. Предложена методика определения продольных электрических токов по наблюдаемым значениям магнитного поля, давления плазмы и толщины корональных магнитных петель. Эта методика применена к теплым магнитным петлям, наблюдавшимся спутником TRACE, а также к рентгеновским петлям, наблюдавшимся спутником Yohkoh. Обсуждается проблема замыкания электрических токов, текущих внутри корональных магнитных петель. Замыкание возможно либо в результате возникновения обратного тока, текущего по поверхности петли внутри скин-слоя, либо в результате тока, текущего в фотосфере от одного основания петли к другому. Оценена толщина скин-слоя для корональных петель с учетом анизотропии проводимости и наличия небольшого количества нейтралов в короне. Для характерных временных масштабов формирования петли толщина скин-слоя оказывается порядка толщины самой петли. Поэтому наличие или отсутствие обратного тока доступно экспериментальной

проверке при существующей разрешающей способности оптической аппаратуры. Приводятся экспериментальные данные по измерению электрического тока в основаниях корональных магнитных петель (Naguard, 1988). Эти данные показывают, что в каждом основании корональной магнитной петли имеется электрический ток только одного направления и нет признаков тока противоположного направления на масштабах порядка толщины скин-слоя. Поэтому можно сделать вывод, что для исследованных событий поверхностный ток отсутствует и замыкание тока в глобальной цепи происходит через нижние слои атмосферы.

Работа поддержана грантами РФФИ № 08-02-00119-а, 07-02-00157-а, Программой Президиума РАН «Солнечная активность и физические процессы в системе Солнце-Земля», а также программой ОФН РАН "Плазменные процессы в солнечной системе».

Генерация квазипериодических пульсаций нетеплового излучения блуждающим источником в двухленточных вспышках

Зимовец И.В., Струминский А.Б.

*Институт космических исследований, Москва,
e-mail: iwanzim@iki.rssi.ru, e-mail: astrum@iki.rssi.ru*

В некоторых солнечных вспышках наблюдаются квазипериодические пульсации (КПП) потока нетеплового электромагнитного излучения с периодом от нескольких миллисекунд до нескольких минут. Часто предполагается, что источником подобных пульсаций может служить корональная магнитная петля или аркада петель, подверженная магнитогидродинамическим (МГД) колебаниям. В результате колебаний промодулированный поток ускоренных электронов, высыпаящихся в подножия магнитной структуры, посредством тормозного излучения может создать аналогичным образом промодулированный поток жесткого рентгеновского излучения. В рамках этого сценария источники жесткого рентгеновского излучения ожидаются неподвижными в течение вспышки, поскольку основания петель обоснованно полагаются неподвижными на рассматриваемых масштабах времени. В настоящий момент при помощи космического аппарата RHESSI существует возможность проверить данный сценарий образования КПП на основе наблюдений источников жесткого рентгеновского излучения с высоким пространственным (до $2.26''$), временным (до 4 секунд) и спектральным разрешением (до 0.3 кэВ).

В работе детально исследуется динамическое поведение источников рентгеновского излучения в двухленточных вспышках X-класса 29 мая

2003 г. и 19 января 2005 г., сопровождающихся КПП, на основе серий изображений в рентгеновском диапазоне 12-250 кэВ, созданных с помощью заложенных в SolarSoftware алгоритмов построения Clean и Pixop на основе данных RHESSI.

В рассмотренных вспышках источники жесткого рентгеновского излучения нестационарны. Практически каждому отдельному всплеску излучения соответствует свой собственный источник, пространственно не совпадающий (в пределах ошибок измерения) с источниками других всплесков. Наблюдения свидетельствуют в пользу отдельных пространственно-разнесенных актов энерговыделения во вспышечных областях с комплексной структурой магнитного поля. Тем не менее, не стоит исключать возможность генерации КПП посредством МГД колебаний петель во вспышках с более простой конфигурацией магнитного поля, поскольку существуют наблюдения, выполненные с помощью RHESSI, всплеск с КПП с неподвижными источниками жесткого рентгеновского излучения (например, [1]).

[1] Li Y.P., Gan W.Q. // Solar.Phys., 2008, v.247, p.77.

Сравнительный анализ различных теорий происхождения зебра-структуры в солнечном радиоизлучении

Злотник Е.Я.

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

Обсуждаются сильные и слабые стороны различных теорий происхождения тонкой структуры на динамических спектрах солнечного радиоизлучения, наблюдаемой в виде нескольких или многочисленных квази-эквиливантных полос повышенного и пониженного излучения (так называемой зебра-структуры).

Большая часть работ, предлагающих интерпретацию зебра-структуры, основана на использовании плазменного механизма генерации радиоизлучения, который состоит в возбуждении плазменных (электростатических) волн с последующей трансформацией их в электромагнитное излучение. Плазменные волны могут возбуждаться за счет кинетической или гидродинамической неустойчивости на частотах верхнего гибридного резонанса или на гармониках электронной гирочастоты в источнике с квазиоднородным магнитным полем.

В ряде работ причиной появления полос излучения и поглощения считаются вистлеры. Эти волны возбуждаются неравновесными распределениями электронов в источнике, а затем при нелинейном слиянии с плазменными волнами образуют частотный спектр в виде полосы повышенного излучения и поглощения. Альтернативная теория происхождения зебра-структуры предполагает существование в короне компактного источника с захваченными плазменными волнами, что легко обеспечивает дискретный спектр. Еще одна интерпретация основана на специальных эффектах, которые могут возникать при распространении радиоволн в короне: чередующиеся полосы более сильного и более слабого излучения, как предполагается, могут быть результатом интерференции радиоволн на некоторой периодической структуре в короне.

Все предлагаемые в литературе механизмы анализируются с точки зрения их возможности объяснить как можно больше наблюдаемых свойств тонкой структуры, оставаясь в рамках модели источника с реальными физическими параметрами.

Зебра-структура в быстродрейфующих солнечных радиовсплесках

Злотник Е.Я.¹, Зайцев В.В.¹, Aurass Н.²

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

²*Astrophysical Institute Potsdam, Germany, e-mail: haurass@aip.de*

Приведены примеры динамических спектров зебра-структуры в быстродрейфующих оболочках, напоминающих по форме всплески III типа. Всплески были зарегистрированы радиоспектрографом Астрофизического института Потсдама на фоне континуума IV типа. В докладе обсуждается возможный механизм происхождения указанной зебра-структуры. Сценарий происхождения основан на том, что во время прохождения потока быстрых электронов через корону конусная неустойчивость (обусловленная захваченными в магнитную ловушку электронами и ответственная за происхождение континуума) срывается благодаря заполнению конуса потерь потоком; это приводит к появлению быстродрейфующего всплеска в поглощении, на фоне которого становится видимой гармоническая структура в виде квазиэквидистантных полос повышенного излучения. Такая зебра-структура генерируется неравновесными электронами со специфическим распределением по поперечным относительно магнитного поля скоростям; в отсутствие потока электронов, вызывающих всплеск в поглощении, она также генерируется, но неразличима на фоне более сильного континуума.

Об особенностях эффекта двойного плазменного резонанса в солнечной короне

Злотник Е.Я., Шер Э.М.

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

Подробно обсуждаются дисперсионные характеристики плазменных волн, распространяющихся в направлениях, почти перпендикулярных магнитному полю, в так называемой гибридной полосе, т.е. интервале частот $sf_B < f < (s+1)f_B$, содержащем частоту верхнего гибридного резонанса $f_{UH} = \sqrt{f_p^2 + f_B^2}$ ($f_B = eB/2\pi mc$ — электронная гирочастота, $f_p = (e^2N/\pi m)^{1/2}$ — плазменная частота, B — магнитное поле, N — концентрация плазмы, e и m — заряд и масса электрона, s и $(s+1)$ — целые числа). Показано, что приближенное дисперсионное соотношение для плазменных волн вблизи гибридной частоты $f^2 \approx f_{UH}^2 + 3k_\perp^2 v_T^2$ (где k_\perp — компонента волнового вектора волны, перпендикулярная магнитному полю, $v_T = (\kappa T/m)^{1/2}$ — тепловая скорость электронов, T — температура плазмы), справедливое при $3k_\perp^2 v_T^2 \ll f_B^2$, нарушается вблизи верхней границы гибридной полосы. Показано также, что некорректное применение приближенного дисперсионного соотношения, приведенного выше, приводит к неправильному выводу о том, что при наличии неравновесных электронов вклад в излучение на данной частоте могут давать несколько гармоник (см., например, [1] и [2]). Использование корректных дисперсионных характеристик указывает на то, что эффект двойного плазменного резонанса, т.е. существенное увеличение инкремента неустойчивости плазменной волны при приближении частоты верхнего гибридного резонанса f_{UH} к гармоникам гирочастоты, имеет место только на нижней границе гибридной полосы. При этом частотный интервал усиленного излучения является значительно более узким, чем приведенный в [1] и [2]. Это обстоятельство расширяет области параметров плазмы и неравновесных электронов, в которых возможна генерация разрешенных гармонических полос (зебра-структуры) в источниках излучения IV типа на Солнце.

[1] Winglee R.M. and Dulk G.A. // *Astrophys.J.*, 1986, v.307, p.808.

[2] Kuznetsov A.A. and Tsap Yu.T. // *Solar Physics*, 2007, v.241, p.127.

Крупномасштабная структура магнитных полей в короне и корональные выбросы масс

Иванов Е.В.¹, Файнштейн В.Г.²

¹*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн, Московская обл., г. Троицк, e-mail: eivanov@izmiran.ru*

²*Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск, e-mail: vfain@iszf.irk.ru*

Исследованы 214 корональных выбросов масс из списка LASCO, связанных с наблюдавшимися на лимбе Солнца эруптивными протуберанцами и радиособытиями, зарегистрированными радиогелиографом обсерватории Нобеяма за 1997-2006 гг. При наложении мест их возникновения на построенные в потенциальном приближении карты крупномасштабных магнитных полей в короне выявлены 3 класса событий, концентрирующихся 1) к нейтральной линии магнитного поля на поверхности источника, 2) к линиям на поверхности источника, разделяющим магнитные потоки, замыкающиеся в соседних открытых конфигурациях магнитного поля одной и той же полярности (цепочкам корональных стримеров) и 3) границам открытых конфигураций магнитного поля. Проведено сопоставление статистических распределений параметров всех 3-х классов событий (скорости, ширины, массы, энергии и углов отклонения КВМ при их распространении от поверхности Солнца до высот 2.5R и 20R Солнца) и исследована зависимость этих параметров от расстояний КВМ до соответствующих границ и линий (нейтральной линии магнитного поля на поверхности источника, цепочек корональных стримеров и границ открытых конфигураций магнитного поля) для всех классов событий. Выявлены статистические различия этих параметров у всех 3-х классов событий и сделана попытка объяснить эти различия особенностями соответствующих структурных образований крупномасштабного магнитного поля короны. Проведенное исследование отклонений распространения КВМ от радиального направления в течение цикла также свидетельствует о влиянии структуры крупномасштабного магнитного поля короны на распространение КВМ в короне.

**Реконструкция
«диаграммы бабочек» Маундера
за XVIII-XIX века**

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

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

В докладе исследуются взаимосвязи между уровнем солнечной активности и широтным распределением групп солнечных пятен. Показано, что такие параметры этого распределения как средняя широта пятен и характерная ширина зоны пятнообразования по широте могут быть реконструированы на основании информации об уровне солнечной активности.

С помощью ряда индекса Group Sunspot Number, полученного Хойтом и Шаттенем, проведена реконструкция широтно-временной диаграммы распределения групп пятен «диаграммы бабочек» за XVIII и первую половину XIX веков.

**Анализ возможных факторов, влияющих на спектры
поглощения в линии Лайман-альфа
в направлении ближних звезд**

*Измоленов В.В.^{1,3}, Веселовский И.С.^{2,3},
Катушкина О.А.^{1,3}, Проворникова Е.А.^{1,3}, Wood B.⁴*

¹ *Механико-математический факультет МГУ, Москва*

² *НИИЯФ МГУ, Москва, e-mail: veselov@dec1.sinp.msu.ru*

³ *Институт Космических Исследований РАН, Москва,
e-mail: izmod@iki.rssi.ru*

⁴ *JILA, University of Colorado, USA*

В [1] было показано, что наблюдаемый в направлении звезды Альфа-Центавра спектр Лайман-альфа поглощения не может быть объяснен при помощи однородной межзвездной среды с параметрами, полученными на основе анализа других спектральных линий. В [1], [2] было показано, что учет поглощения в области взаимодействия солнечного ветра с локальной межзвездной средой (ЛМС), а также аналогичной области вокруг звезды, позволяет достичь хорошего согласия между теорией и экспериментальными данными. Недавно в [3] были проанализированы спектры поглощения в линии Лайман-альфа, измеренные в направлении 20-ти звезд. Анализ был проведен на основе современных моделей взаимодействия солнечного ветра с ЛМС, в которых учитывались неравновесный характер

гелиосферной плазмы, а также межзвездное магнитное поле. Было показано, что путем подбора параметров в каждом отдельном случае теория может быть хорошо согласована с экспериментальными данными. Однако, в указанных работах не удалось найти единую модель гелиосферного интерфейса и межзвездных параметров, в рамках которой удалось бы объяснить все 20 спектров. Настоящая работа посвящена исследованию возможных причин указанного рассогласования теории и экспериментальных данных. Проводится анализ различных факторов, которые могут оказывать влияние на спектры поглощения.

- [1] Linsky J., Wood, B. // *Astrophys.J.*, 1996, v.463, p.254.
- [2] Izmodenov et al. // *Astron. Astrophys.* 1999, v.342, p.L13.
- [3] Wood et al. // *Ap.J.*, 2007 v.657, p. 609; Wood et al. // *Ap.J.*, 2007 v.659, p. 1784.

Повышение точности оценки потока протонов СКЛ по параметрам микроволновых всплесков при учете интенсивности декаметровый компоненты

Исаева Е.А., Мельников В.Ф.

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

Показано, что точность оценки потока протонов СКЛ по параметрам микроволновых всплесков сильно зависит от интегральной мощности соответствующего декаметрового (ДКМ) континуального излучения. Установлено, что коэффициенты a_1 и b_1 при параметрах микроволновых всплесков в статистической модели

$$\lg I_{p,\mu,dec} = a_1 \lg F_{m,\mu} + b_1 \lg T_{m,\mu} + c_1 \lg f_{m,\mu} + a_2 \lg F_{m,dec} + b_2 \lg T_{m,dec} + c_2 \lg f_{m,dec} + d$$

не постоянны, а являются функциями интенсивности ДКМ компоненты всплесков. Использование найденных функциональных зависимостей для коэффициентов a_1 и b_1 приводит к резкому улучшению связи между наблюдаемым I_p и расчетным $I_{p,\mu,dec}$ значениями потока протонов. Коэффициент корреляции между I_p и $I_{p,\mu,dec}$ возрастает с $r \approx 0.72$ до $r \approx 0.90$, а остаточная дисперсия уменьшается с $\sigma^2 \approx 0.67$ до $\sigma^2 \approx 0.20$. Эти параметры связи близки к предельно достижимым оценкам точности прогноза потоков протонов СКЛ по радиовсплескам, полученным в [1] на основе

использования интенсивности электронной компоненты СКЛ как величины, характеризующей эффективность выхода ускоренных протонов в межпланетное пространство. Полученный результат указывает на то, что декаметровое излучение солнечных вспышек может служить эффективным количественным индикатором условий выхода.

- [1] В.Ф. Мельников, Т.С. Подстригач, Е.И. Дайбог, В.Г. Столповский. — Космические исследования. 1991, Т. 29, С. 95-103.

Циклические изменения дифференциального вращения Солнца

Ихсанов Р.Н., Иванов В.Г.

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

На основе данных наблюдений магнитного поля (м.п.) Солнца на обсерваториях Китт-Пик и Стенфорда проводится исследование дифференциального вращения Солнца на различных фазах 11-летнего цикла за 1960–2007 годы. По данным рядов Рыбанского и Тлатова об интенсивности зелёной короны в линии Fe XIV 5303Å продолжено изучение вращения короны (1939–2001 годы). Выявлен ряд закономерностей. В том числе, показано, что как и в случае зелёной короны, дифференциальность вращения м.п. на фазе 11-летнего цикла, на которой преобладают тороидальные м.п. (фаза I), существенно выше, чем в то время, когда м.п. преимущественно полоидальны (фаза II). Выявлена зависимость скорости вращения от высоты солнечного цикла.

Высокоширотные корональные дыры и полярные факелы в 11-летних солнечных циклах

Ихсанов Р.Н., Тавастшерна К.С.

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

В каталоге корональных дыр (КД), составленного Тавастшерна и Глазовым, в отличие от известного каталога Санчес-Ибарра и Барраза-Парадес, включены КД на гелиоширотах выше $\pm 60^\circ$. Это позволяет провести, в частности, сравнительный анализ циклической эволюции полярных факелов (ПФ) и КД за период 1975–2003 гг. Крупные КД были разделены по площадям на три интервала: 5000–10000, 10000–15000 и выше 15000 мдп. Выявлен ряд закономерностей в циклической эволюции КД и факелов.

Выбросы коронального вещества от вспышечных событий: классификация, характеристики, прогноз выхода

Ишков В.Н.

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

Исследование выбросов коронального вещества естественно привело к понятию солнечного вспышечного события, которое включает весь процесс энерговыделения, как собственно солнечную вспышку с ее проявлениями во всех диапазонах электромагнитного и корпускулярного излучений, так и весь спектр сопутствующих динамических явлений: выбросов солнечных волокон, распространения ударных волн и возмущений в короне Солнца и в гелиосфере. В зависимости от величины магнитного поля, в котором развивается вспышечное событие, оно может представлять собой либо вспышку, либо выброс волокна, что, вероятно, отражается в характеристиках порожденных ими выбросов коронального вещества. В 23 цикле солнечной активности резко увеличилось число наблюдений солнечных вспышечных событий включающих полный временной ряд и достаточное количество длин волн, чтобы судить об источнике выброса коронального вещества в данном вспышечном событии. Появилась возможность четко разделить ВКВ от вспышек, выбросов солнечных волокон и залимбовых событий. Поэтому, в рамках исследования солнечных вспышечных событий, был создан Каталог солнечных вспышек 23 цикла. Структура каталога содержит данные обо всех вспышках рентгеновского балла $\leq M1$ за все

время развития последнего цикла солнечной активности (1996–2007 гг.). В нем приведены временные характеристики вспышек, их локализация на видимом диске Солнца, данные о динамических радио всплесках, выбросах коронального вещества и максимальных энергиях жесткого рентгена сопровождающих данную вспышку. Данные о ВКВ позволили восстановить координаты вспышек, когда не было На-патруля, уточнить локализацию вспышки именно в данной активной области.

Вспышечная активность 23 цикла СА: парадокс дефицита вспышек и обилие протонных событий

Ишков В.Н.

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

Основные характеристики текущего цикла практически полностью соответствуют характеристикам солнечных циклов средней величины, а некоторые его особенности могут свидетельствовать о смене режима генерации магнитных полей в конвективной зоне Солнца, чем возможно объясняется рекордная длительность цикла. Одним из следствий этого возможно является дефицит солнечных вспышек по сравнению с предыдущими 5 циклами СА. Однако на этом фоне наблюдается значимый рост числа протонных событий и Форбуш-возрастаний в околоземном космическом пространстве. Эти наблюдения свидетельствуют о более благоприятных условиях выхода солнечных протонов и выноса магнитных полей в гелиосферу. Основные этапы развития текущего 23 цикла солнечной активности следующие:

- минимум 22 солнечного цикла — май 1996 ($W^* = 8.0$);
- начало фазы роста — сентябрь 1997 г.;
- максимум относительного числа солнечных пятен — апрель 2000 г.;
- глобальная переполусовка общего магнитного поля Солнца — июль – декабрь 2000 г.;
- вторичный максимум относительного числа солнечных пятен — ноябрь 2001 г.;
- максимум потока радиоизлучения на волне 10.7 см — февраль 2002 г.;
- фаза максимума цикла — октябрь 1999 – июнь 2002 г.;
- начало фазы спада — июль 2002 г.;
- фаза минимума началась с мая 2005 г.;
- вероятная точка минимума текущего цикла СА — ноябрь – декабрь 2007 г.

Возможность аналитического представления достоверного ряда чисел Вольфа

Ишков В.Н., Шибает И.Г.

ИЗМИРАН

В работе [1] достоверный ряд чисел Вольфа W (1849–2006 гг.) разбит на компоненты исходя из свойств общей спектральной оценки этого ряда. Сумма компонент $P1(W)$ и $P2(W)$ несет основную «энергетику» и хорошо отражает амплитудные и временные свойства циклов, остальные компоненты разложения придают циклам более индивидуальный характер. В задачах прогнозирования солнечных циклов или их реконструкции в прошлом речь, как правило, идет об амплитудных и временных характеристиках подобных свойствам ряда $P12(W) = P1(W) + P2(W)$. Исходя из этого в работе предложено аналитическое представление ряда $P12(W)$. Используются гладкость компонент, степень их связи и свойства преобразования Гильберта составляющей $P2(W)$. Проведено сравнение характеристик полученного представления с рядом усредненных чисел Вольфа W^* .

- [1] Ишков В.Н., Шибает И.Г. Циклы солнечной активности: общие характеристики и современные границы прогнозирования. // Известия РАН, серия физическая, 2006, т. 70, № 10, стр.1439-1442.

Вариации потока ультрафиолетового излучения Солнца в минимуме активности

Казачевская Т.В.

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

Приводится анализ результатов измерений ультрафиолетовой области спектра Солнца в период минимума активности. Рассмотрены данные о потоке излучения всего Солнца, полученные на спутниках SORCE и SOHO в 2007 году в периоды минимума активности в диапазоне длин волн 116–180 нм, линии La, а также 26–34 нм и 0.1–50 нм. Показано, что в этой области спектра сохраняется 27-дневный период вариаций излучения даже при отсутствии солнечных пятен и активных областей. По-видимому, это «фоновое» излучение хромосферы. Величина вариаций в 27-дневном

периоде составляет всего 1-1.5%, но период четко прослеживается во всех спектральных линиях.

Проводится сравнение с 27-дневными вариациями в периоды повышенной солнечной активности.

О фазе минимума солнечного цикла в интенсивности галактических космических лучей

Калинин М.С., Крайнев М.Б.

*Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва,
e-mail: mkalinin@fiан.fian.dns.mipt.ru*

Ранее в работе [2] мы поставили вопрос о выделении в солнечном цикле в интенсивности галактических космических лучей (ГКЛ) основных фаз, аналогичных фазам 11-летнего цикла в активности Солнца по классификации Витинского-Куклина-Обридо, [1]. В работах [3, 4, 5] предпринята попытка выделения фазы максимума в солнечном цикле в интенсивности ГКЛ в нескольких последних циклах.

В настоящем докладе обсуждаются возможные эффекты в интенсивности ГКЛ, специфические для фазы минимума солнечного цикла. В качестве первых кандидатов рассматривается установление максимальной интенсивности, а также значительных широтных градиентов интенсивности около гелиоэкватора. Теоретические оценки, а также поведение интенсивности ГКЛ в эпохи минимума СЦ 19-23 демонстрирует наличие качественно выделенной фазы минимума в эти периоды, особенно в эпохи с отрицательной полярностью гелиосферного магнитного поля ($A < 0$).

Однако, поведение интенсивности ГКЛ в последние годы показывает, что установление существенного широтного градиента интенсивности в периоды низкой солнечной активности с $A < 0$ происходит лишь в случае нормального поведения солнечных и гелиосферных параметров, а именно, при достаточно высокой полярной активности Солнца и, как следствие, при достаточно плоском гелиосферном токовом слое. Возможно, для выявления фазы минимума солнечного цикла в интенсивности ГКЛ нужно включить в рассмотрение поведение их анизотропии.

- [1] Витинский Ю.И., Куклин В.Г., Обридко В.Н. // Солнечные данные, н.10, 1986
- [2] Крайнев М.В. // VII Пулковская Международная конференция по физике Солнца, Ст-Петербург, ГАО РАН, 2003, с.243.
- [3] Крайнев М.В., Webber W.R. // VII Пулковская Международная конференция по физике Солнца, Ст-Петербург, ГАО РАН, 2003, с.249.
- [4] Крайнев М.В. // Intern. J. Geomagn. Aeron., 2004, v.5, No.2, GI2004, doi:10.1029/2004GI000070, 5p.
- [5] Крайнев М.В., Bazilevskaya G.A. // Adv. Space Res., 2005, v. 35, No.12, p.2124.

Relations Between Polar Faculae and Sunspots

Callebaut D.K.¹, Makarova V.V.²

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

²*Kislovodsk Solar Station of the PAO, 357700 Kislovodsk, Russia,
e-mail: mahatt@rambler.ru*

Using a three months averaging we have compared the polar faculae (PF) cycles with the preceding and following sunspot (SP) cycles, north and south separately. The best correlation shows clearly that the PF precede the SP as mentioned by [1], [2] and [3]. Here we refine this picture. Indeed looking not only at the best correlation but also at the whole series of correlations, month by month, shows the following: (a) Comparing a PF cycle with the previous SP cycle: There is a reasonable correlation with a shift of about half a cycle and over a broad time span (nearly half a cycle) while outside this there is anti-correlation, however smaller and shorter. (The latter part corresponds essentially to the phase shift between SP and PF.) (b) Comparing a PF cycle with the following SP cycle: Similar result, but the correlation is generally better. (c) There are some irregularities, which increase since PF cycle 20 to the present PF cycle 23. E.g. for PF cycle 23 compared to SP cycle 22 there are strong variations which are moreover not similar in both hemispheres. Maybe this irregular behavior has to be attributed to the approach of a deep minimum [1].

- [1] Makarov V.I., Makarova V.V. and Callebaut D.K. // Solar Phys., 2008, in press.
- [2] Callebaut D.K. and Makarova V.V. // J. Astrphys. Astr. 2008; 29, 1-5.
- [3] Callebaut D.K., Makarova V.V. and Tlatov, A.G. // 11th Pulkovo Conf. St. Petersburg, Russia, 2007.

**Слабоконтрастная структура микроволнового
излучения Солнца в минимуме активности**

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

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

По данным наблюдений на РАТАН-600 исследована мелкомасштабная структура излучения Солнца в диапазоне 6.2–13.3 ГГц с использованием 22 частотных каналов. Наблюдения проводились в марте 2008 г., в многоазимутальном режиме с 7 до 11 UT (11 азимутов в день, с интервалом 24 минуты). Данные наблюдений на РАТАН-600 сопоставляются с данными одновременных двумерных наблюдений в других диапазонах: в линиях железа Fe IX/X, Fe XII, Fe XV и гелия He II (со спутника SOHO), кальция (обсерватория Meudon, Франция) и водорода (обсерватория Pic du Midi, Франция).

При чрезвычайно низкой солнечной активности с 12 по 23 марта были исследованы спектральные и временные характеристики таких слабоконтрастных образований спокойного Солнца как узлы хромосферной сетки. Показано, что наблюдаемые на РАТАН-600 слабоконтрастные образования совпадают с наиболее яркими узлами супергрануляционной структуры. Также приводятся временные и спектрально-поляризационные характеристики зарождающейся активной области и многочисленных ярких рентгеновских точек. Отмечена высокая степень корреляции отдельных элементов слабоконтрастной структуры между частотами по всему диапазону. Указаны тенденции изменений характерных размеров различных масштабов со временем. По наблюдениям в нескольких азимутах оценено среднее время жизни, которое составляет несколько часов. По поляризационным наблюдениям даны оценки магнитных полей.

Низкочастотные колебания параметров активных областей и диагностика хромосферных вспышек

Касинский В.В.

Иркутск, Иргупс, e-mail: vkasin@irgups.ru

Изучается повторяемость вспышечных событий и параметров АО (7 областей), как отражение квазипериодических процессов в АО и в атмосфере Солнца в целом. Периодика исследована в таких параметрах как T — длительность вспышек (мин), S — площади пятен (м.д.п.) и N — числа пятен в группе. Применен метод обработки КППА, разновидность гармонического анализа, адаптированного к «неудобному» материалу (неравно отстоящие узлы, близость периодов к длине реализации). Выявлена заметная повторяемость периодик во всех трех параметрах — T , S и N от АО к АО.

Наиболее часто повторяемые периоды — 60, 90, 133, 145, и 160 минут. Периоды в диапазоне 250–800 мин такой повторяемости не показывают. В области длинных периодов выделяется диапазон 360–380 мин (6 часов). В области коротких периодов значимыми являются 50 мин и 30–40 мин, по параметру T .

Повторяемость периодик от АО к АО рассматривается как проявление глобального нестационарного периодического процесса в фотосфере — хромосфере. Предполагается, что короткопериодические составляющие 30–160 мин отражают глобальные колебания хромосферы в целом. Длинно - периодические компоненты 250–800 мин, вероятно, отражают колебательный процесс отдельных активных областей. Периодики параметров АО предполагается использовать для диагностики вспышек.

Пространственная анизотропия вспышек на диаграммах «бабочек» как проявление глобального триггерного механизма хромосферных вспышек

Касинский В.В.

ИрГУПС, Иркутск 664074, e-mail: vkasin@emf.irit.irk.ru

Диаграмма бабочек Маундера выявляет важные закономерности широтного распределения пятен с ходом 11-летнего цикла, в частности — закон Шперера. Середина $\varphi - t$ диаграммы и её периферия, таким образом, неоднородны как по типам групп, так и по физическим свойствам вспышек [1].

Проверяется гипотеза — является ли процесс вспышек однородным и изотропным относительно пятен как систем координат? В случае внутреннего источника энергии анизотропия вспышек должна быть равна нулю по всей диаграмме, $R(\varphi, t) = 0$. В случае, если внешний источник энергии (некоторое возмущение) играет какую-то роль, величина $R \neq 0$. Такие диаграммы получили название векторных диаграмм «широта-время» вспышек $R(\varphi, t)$.

Как оказалось, средний центр (эпицентр) вспышек в группах пятен не равен нулю и ведет себя закономерным образом. Величина $R \rightarrow 0$ в центре диаграммы «бабочки» и максимальна на периферии диаграммы. Причем направление вектора R носит «центростремительный» характер, то есть указывает на центр диаграммы «бабочки». В данной работе векторные диаграммы анизотропии вспышек распространены на фазу роста цикла № 22 (1987–1991 гг.). Материалом для исследования послужили данные по вспышкам из Solar Geophysical Data.

Анизотропия вспышечного процесса $R(\varphi, t)$ имеет определенные следствия и в отношении моделей вспышек. В случае внутреннего источника энергии распределение вспышек при большом усреднении (десятки пятен, сотни вспышек) должно быть изотропным и не зависеть от широты группы на диаграмме. Впервые не изотропное распределение вспышек относительно групп пятен было доказано для циклов 17–20 [2, 3]. Следовательно, в пространстве королевской зоны пятен должно действовать некоторое возмущение, исходящее от эпицентра диаграммы «бабочки», которое, доходя до пятен других широт, будет вызывать смещения вспышек. В соответствии с гипотезой глобального триггерного механизма, наряду с внутренним источником энергии (магнитное поле) во вспышках следует учитывать и внешнее кинетическое возмущение [1, 2, 3].

- [1] Витинский Ю.И., Копецкий М., Куклин Г.В. Статистика пятнообразовательной деятельности Солнца. М.: Наука. 1986. 295 С.
- [2] Касинский В.В. // Исследования по геомагнетизму, аэронауке и физике Солнца. М.: Наука, 1988. вып.79. С.25–40.
- [3] Kasinsky V.V. // Astronomical and astrophysical Transactions. Gordon and Breach sci. publish. 1999. vol.17. issue 5. P. 341–350.

Межзвездные атомы водорода внутри гелиосферы

Катушкина О.А.^{1,2}, Булах В.И.², Измоденов В.В.^{1,2}

¹*Механико-математический факультет МГУ, Москва,*

²*Институт Космических Исследований РАН, Москва,
e-mail: olga_katushkina@mail.ru*

Межзвездные атомы водорода проникают внутрь гелиосферы и несут существенную информацию о свойствах локальной межзвездной среды, а также о структуре гелиосферного интерфейса, то есть области взаимодействия солнечного ветра с локальной межзвездной средой. Поэтому их детальное теоретическое изучение играет важную роль для интерпретации различных экспериментальных данных.

Длина свободного пробега атомов водорода сопоставима с характерным размером гелиосферы, поэтому в работе для исследования распределения атомов водорода внутри гелиосферы используется кинетический подход и методом характеристик решается кинетическое уравнение в котором учитываются процессы перезарядки, фотоионизации, ионизации электронным ударом, гравитационного солнечного притяжения и радиационного давления. В модели учитываются нестационарные процессы, связанные с 11-летним циклом солнечной активности, зависимость эффективной частоты ионизации от гелиошироты, а также учтены изменения параметров межзвездных атомов при их прохождении через область гелиосферного интерфейса.

Проведено сравнение полученных результатов с результатами самосогласованной кинетико-газодинамической модели взаимодействия солнечного ветра с двухкомпонентной межзвездной средой. По результатам сравнения делаются выводы о том, как изменение функции распределения атомов водорода в области гелиосферного интерфейса проявляется внутри гелиосферы на относительно небольших гелиоцентрических расстояниях.

Показано, как с помощью разработанной модели для атомов водорода внутри гелиосферы и измерений рассеянного солнечного Лайман-альфа излучения можно определить изменение потока массы солнечного ветра в зависимости от времени и гелиошироты.

Особенности вращения Солнца и активных поздних звезд

Кацова М.М.

ГАИШ

Анализ долговременной переменности хромосферного излучения звезд с активностью солнечного типа позволяет изучать особенности их вращения. Для 20 поздних звезд определены периоды вращения поверхностных неоднородностей от 6 до 37 дней. У нескольких звезд с достаточно высокой, не вполне регулярной активностью в некоторые эпохи обнаружено замедление вращения по сравнению со средним. Этот эффект проявляется при достаточно высоком уровне активности звезды.

Эти выводы невозможно непосредственно сравнить с особенностями вращения Солнца. Для сопоставления результатов для поздних звезд и Солнца необходимо иметь информацию о долговременных изменениях суммарного излучения Солнца. Здесь использована база данных о яркости солнечной короны в зеленой линии 5303 Å Fe XIV, созданная Ю. Сикорой, и получен ежедневный ряд значений яркости короны Солнца как звезды. Эти данные проанализированы тем же методом, который использован для звезд.

В результате применения вейвлет – анализа к наблюдениям Солнца и звезд показано, что дифференциальность вращения характерна для эпох высокой активности, тогда как на фазе спада цикла вращения становится почти твердотельным. Эффект замедления вращения не удается выявить у звезд с хорошо выраженным циклом. На этих звездах, в том числе и на Солнце, активность связана, главным образом, с локальными магнитными полями. Однако при наблюдениях всей поверхности влияние активных областей на вращение сглаживается, и возрастает роль крупномасштабных магнитных полей. Сильная дифференциальность, особенно в сигнале Солнца как звезды, проявляется в эпохи, когда глобальное магнитное поле меняет направление. При положении диполя, близком к горизонтальному, магнитный экватор соответствует двум активным долготам, разнесенным на 180 градусов. Изменение широты источников излучения на данной активной долготе начинает сказываться на периоде вращения неоднородностей. Поскольку детально можно наблюдать поверхность только у Солнца, благодаря этому дифференциальное вращение Солнца заметно на большем промежутке времени, включающем эпоху переполюсовки. Таким образом, обнаруженный на поздних звездах эффект связан с относительно большим вкладом глобального (полоидального) магнитного поля по отношению к локальным (тороидальным) полям.

Магнитостатическая модель кольцевого волокна

Киричек Е.А.

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

Описана новая магнитостатическая модель более плотного и более холодного, чем окружающая атмосфера, равновесного кольцевого волокна, расположенного горизонтально в солнечной атмосфере. Рассчитаны профили давления, температуры и плотности при заданном магнитном потенциале. Показаны приложения модели для описания солнечных протуберанцев.

Скейлинговые и топологические предвестники Х-вспышек по MDI данным

Князева И.С., Мильков Д.А., Макаренко Н.Г.

*Главная Пулковская обсерватория РАН, С.Петербург,
e-mail: iknyazeva@gmail.com*

В работе исследуются предвестники сильных солнечных вспышек основанные на скейлинговых свойствах MDI-магнитограмм. Предполагается, что сложность магнитограммы меняется всплывающим магнитным потоком в Активной Области (АО), который предвещает вспышку.

Мы оцениваем регулярность цифрового MDI-изображения с помощью локальных Гельдеровских показателей, получая карты многообразий максимальной сингулярности (ММС). Изменения динамики АО для временной последовательности таких карт отслеживаются методами вычислительной топологии с помощью двух чисел Бетти — рангов групп гомологий на решетке пикселей. Первое из этих чисел β_0 определяется числом связанных элементов ММС. Второе число β_1 характеризует пористость карты, т.е. число пикселей одной полярности внутри областей противоположной полярности. Оба инварианта могут быть подсчитаны двумя способами: для элементов северной полярности, когда южная полярность считается фоном и наоборот.

На примере MDI магнитограмм для АО 09236 (11.2000) и АО 10930 (09.2006) мы обнаружили два эффекта. Первый из них — топологическая асимметрия $\Delta\beta_0$ и $\Delta\beta_1$ для разностей инвариантов ММС, относительно инверсии знака полярности. Асимметрия появляется за 1-2 дня до вспышки. Второй эффект заключается в появлении больших вариаций чисел Бетти не менее чем за сутки до вспышки.

Эти эффекты отсутствуют для контрольной выборки, содержащей АО без вспышек. Мы намерены проверить обнаруженные эффекты на состоятельной выборке АО.

Корональная сейсмология как метод диагностики плазмы звездных вспышек

Копылова Ю.Г.¹, Степанов А.В.¹, Цап Ю.Т.^{1,2}

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

²*НИИ КрАО, п. Научный, Украина, e-mail: yur@crao.crimea.ua*

Согласно современным представлениям, вспышечная активность Солнца и звезд обусловлена энерговыделением в магнитных корональных арках. Ввиду больших расстояний разрешить корональные арки звезд не удастся, поэтому для определения их параметров приходится прибегать к различным косвенным методикам, например, к использованию законов подобия, следующих из рассмотрения баланса энергии в петлях [1]. Такой подход, однако, зачастую приводит к противоречивым результатам, что предполагает необходимость привлечения независимых методов диагностики плазмы. Значительный прогресс в данном направлении, может быть достигнут благодаря привлечению методов корональной сейсмологии, основанных на солнечно-звездных аналогиях. Из наблюдений следует, что в некоторых случаях на плавную кривую блеска вспыхивающих звезд накладываются квазипериодические пульсации с периодами от нескольких секунд [2] до нескольких минут [3]. Для иллюстрации эффективности анализа тонкой временной структуры вспышечного излучения звезд, на основе представлений о возбуждении МГД-колебаний вспышечной корональной арки, по параметрам вызванных ими осцилляций оптического и мягкого рентгеновского излучения, оцениваются параметры плазмы вспышек, произошедших на звездах EV Lac, AT Mic и EQ Peg. Полученные оценки свидетельствуют в пользу существования плотных и протяженных корон вспыхивающих красных карликов, в которых характерные размеры магнитных петель сравнимы с радиусом звезды.

[1] Прист Э., Форбс Т. // Магнитное пересоединение, М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005, 591 с.

[2] Andrews A.D. // Astron. Astrophys., 1990, v.227, p.456.

[3] Mathioudakis M. et al. // Astron. Astrophys., 2003, v.403, p.1101.

**О различиях в хаотической динамике солнечной
активности на разных временных масштабах
и их возможной природе**

Костюченко И.Г.

ФГУП НИФХИ им. Л.Я. Карпова, Москва, e-mail: irkost@itep.ru

На основе временного ряда чисел Вольфа, накопленного за 258 лет, на временных масштабах от нескольких дней до нескольких десятков лет рассмотрены особенности хаотической динамики процесса выхода на солнечную поверхность пятен. Для анализа ряда использовался метод Фликкер-шумовой спектроскопии [1], [2], основанный на совместном анализе свойств спектров мощности временных рядов измеряемой динамической переменной и их структурных функций (разностных моментов второго порядка). В качестве феноменологических параметров при параметризации хаотического сигнала без периодической составляющей использовались: n -спектральный индекс (показатель наклона спектра мощности) и $H1$ — константа Хёрста, определяемая из структурной функции. Значения n и $H1$ были получены для нескольких частотных интервалов, причем в низкочастотном интервале, где вклад периодической составляющей существенен, применена вычислительная процедура, разработанная в [1], [2], которая позволяет разделять вклад в указанные функции периодической и хаотической составляющих.

Показано, что:

– спектральный индекс является параметром, чувствительным к изменению хаотической динамики процесса; для рассмотренного процесса в частотном интервале $1/2$ года $< f < 1$ /месяц (f — частота) не выполняется общепринятое соотношение $2H1 = n - 1$, что связано с преобладающим вкладом в структурную функцию крупномасштабных флуктуаций измеряемой динамической переменной;

– значение спектрального индекса n изменяется на временах порядка 2 года, что может быть указанием на нестационарность условий магнитной конвекции на Солнце на временных масштабах больше нескольких лет; делается предположение о природе такой нестационарности.

- [1] Тимашев С.Ф. // Фликкер-шумовая спектроскопия: информация в хаотических сигналах, Москва, ФИЗМАТЛИТ, 2007, гл. 2.5, 2.10, 2.12.
- [2] Timashev S.F., Polyakov Yu.S. // Fluctuation and Noise Letters, 2007, V.7 N.2 P.R15-R47.

Об особенностях текущей фазы солнечного цикла и долговременных вариаций солнечной активности

Крайнев М.Б.

*Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва,
e-mail: kraïnev@fian.flandns.mipt.ru*

На основе анализа гринвичской базы данных о пятнах (с 1874 г.) и по данным о полярных факелах (с 1838 г.) рассмотрен вопрос, насколько уникальна современная ситуация в эпохи спада пятнообразовательной активности 23-его и минимума 24-ого солнечных циклов (затянутый период спада активности, длительные интервала отсутствия пятен, позднее появление пятен нового цикла, низкий уровень высокоширотной активности).

Что касается текущей фазы долговременных вариаций солнечной активности, делается вывод, что по наблюдательным данным о признаках наступающего минимума можно надёжно судить по данным о солнечной активности с 1870-х гг., т. е. можно лишь уловить признаки наступления локального минимума типа минимума Глайсберга. Признаки экстремальных событий (начало глобальных минимумов типа минимумов Вольфа, Шпёрера, Маундер) можно пробовать исследовать с помощью современной теории солнечного динамо.

Регрессионная модель связи между характеристиками солнечной активности и гелиосферного токового слоя

Крайнев М.Б.¹, Макарова В.В.²

¹*Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва,
e-mail: kraïnev@fian.flandns.mipt.ru*

²*Главная астрономическая обсерватория РАН, С.-Петербург,
e-mail: mahatt@rambler.ru*

Ранее ([1]) нами по данным 1976-1999 гг. установлена регрессионная зависимость между осесимметричными характеристиками солнечной активности и диапазоном гелиоширот, занимаемым гелиосферным токовым слоем. В предлагаемом докладе мы включаем в рассмотрение также период 2003-2008 гг., когда указанные характеристики вели себя не совсем обычно. Кроме того, критерием при выборе параметров модели служит теперь качество описания не только широтных границ токового слоя, но и его средней гелиошироты (т. н. магнитного экватора).

- [1] Крайнев М.Б., Макарова В.В. // Труды X Пулковской международной конференции по физике Солнца, Ст-Петербург, ГАО РАН, 2006, с.277.

О некоторых особенностях спектра вариаций чисел Вольфа

Крамьнин А.П.

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

По ежедневным и годовым значениям чисел Вольфа исследованы некоторые особенности спектра вариаций солнечной активности в спектральных диапазонах соответствующих наиболее выдающимся пикам. Это в низкочастотной части спектра вековой, 50-летний и одиннадцатилетний циклы. Одиннадцатилетний цикл и кратные ему модулированы вековым циклом. Появление модуляционных пиков в диапазоне частот 11-летнего цикла связано не только с изменением их амплитуды с вековым циклом, но с вариациями их продолжительности с периодом 2 вековых цикла. Появление 50-летнего цикла связано с двухвершинностью векового.

В высокочастотной части спектра вариации связаны с вращением Солнца и неравномерным распределением солнечной активности по долготе. Эти вариации модулированы 11-летним циклом. В этом диапазоне частот дифференциального вращения Солнца можно выделить несколько мод вращения. Этот набор несколько изменяется от цикла к циклу. Доминирующий период вращения крупномасштабных структур солнечной активности, по-видимому, изменяется с интервалом несколько 11-летних циклов. Линейчатый спектр в этом диапазоне частот можно объяснить присутствием в ряду ежедневных чисел Вольфа частотной и угловой модуляции, не прибегая к гипотезе «активных долгот».

Накопление энергии солнечных вспышек в виде электрических зарядов

Криводубский В.Н.

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

Рассмотрены физические процессы, которые могут обеспечить накопление энергии вспышки в виде электрических зарядов в области пониженной турбулентной проводимости солнечной плазмы. Как известно, величина турбулентной проводимости плазмы σ_T в фотосфере и конвективной зоне оказывается значительно меньшей (на 2-4 порядка величины) газокINETической электропроводности ($\sigma_T \approx 10^9 - 10^{11}$ CGSE, $\sigma \approx 10^{11} - 10^{15}$ CGSE [1]). Благоприятные условия для понижения проводимости в солнечной плазме создаются в местах слабых магнитных полей, например, вблизи нейтральных линий магнитного поля. Существенное локальное понижение турбулентной проводимости в этих местах вызывает уменьшение плотности электрических токов $j = \sigma_T E$. В таком случае для плотности электрического тока в окрестности активных центров (где $\sigma_T^{(1)} \approx 5 \cdot 10^{10}$ CGSE) мы получили оценку $j = \sigma_T^{(1)} E \approx 5 \cdot 10^{10}$ CGSE (при $E \approx 10^{-7}$ CGSE), согласующуюся с результатами Северного [2], который рассчитывал токи на основании наблюдаемых градиентов магнитных полей пятен. Этот ток вызывает накопление электрических зарядов на границах области с существенно пониженной турбулентной проводимостью $\sigma_T^{(2)} \approx 3 \cdot 10^9$ CGSE (модель гипотетического конденсатора). Вследствие накопления зарядов электрическое поле постепенно усиливается до критических значений $E_{cr} \approx 5 \cdot 10^{-6}$ CGSE, необходимых по Джованелли [3] для электрического пробоя зарядной области. Последующий электрический пробой в соответствии с разрядной моделью Джованелли может служить спусковым механизмом для высвобождения накопленной энергии.

- [1] Krivodubskij V.N. // *Astron.Nachrichten.*, 2005, v.326, No.1, p.61.
- [2] Северный А.Б. // *Изв. КрАО*, 1965, т.33, с.33.
- [3] Giovanelli R.G. // *MNRAS*, 1947, v.107, p.338; *MNRAS*, 1948, v.108, p.163.

Космические лучи и возможные механизмы их влияния на формирование облачности

Кудрявцев И.В.^{1,2}

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

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

В настоящее время широко обсуждается вопрос о влиянии космических лучей (КЛ) на формирование облачности. Известно, что существует корреляция между аномалиями облачного покрова на высотах до 3.2 км и интенсивностью галактических космических лучей (ГКЛ). Однако, для более высокой облачности такая корреляция не обнаружена. Существует ряд возможных механизмов влияния КЛ на формирование облачности. Ключевым для них является ионизация атмосферы космическими лучами, интенсивность которых меняется во времени из-за модуляции солнечной активностью. Первый из этих механизмов основан на том, что скорость роста капель зависит от заряда ядра конденсации. Другим возможным механизмом, приводящим к аномалиям облачного покрова, является увеличение концентрации ядер конденсации в атмосфере при увеличении интенсивности КЛ. Здесь предполагается, что ионизация атмосферы КЛ приводит к образованию в нижней стратосфере и верхней тропосфере аэрозолей с размерами несколько нанометров и дальнейший рост приводит к их превращению в ядра конденсации. Следующий рассматриваемый механизм основан на изменении прозрачности атмосферы Земли для видимого и инфракрасного излучения под действием КЛ. Это приводит к вариациям температуры и давления в атмосфере, что в свою очередь ведёт к изменениям скорости роста капель, концентраций активных ядер конденсации и кристаллизации. Изменение прозрачности может вызываться изменением концентраций аэрозолей и малых газовых компонент. Существует и другая возможность для объяснения влияния КЛ на образование облачности, обусловленная влиянием электрических полей.

В докладе анализируются особенности данных механизмов, обсуждаются их достоинства и недостатки, что необходимо для выбора наиболее вероятного механизма, способного адекватно описать влияние КЛ на формирование облачного покрова Земли.

Гиротронное излучение неоднородных вспышечных петель: роль эффекта Разина

Кузнецов С.А., Мельников В.Ф.

ФГНУ НИРФИ, Нижний Новгород, e-mail: meln@nirfi.sci-nnov.ru

В работе рассмотрена модель микроволнового источника с неоднородным распределением плотности плазмы $n_0(r)$ и магнитного поля $B(r)$ поперек вспышечной петли. Особое внимание уделено случаю с высоким отношением n_0/B на оси петли, когда спектральный максимум гиротронного (ГС) излучения участка петли определяется эффектом Разина. В результате проведенного анализа показано, что влияние эффекта Разина на наблюдаемые характеристики ГС-излучения неоднородных вспышечных петель должно выразиться в следующем: 1) в уплощении частотного спектра на частотах $f < f_{peak}$ вдоль всей петли, по сравнению со случаем однородного источника; 2) в уплощении частотного спектра в вершине по сравнению с основаниями на частотах $f > f_{peak}$; 3) в смещении центров радиояркости на частотах, на одной из которых эффект Разина сильный, а на другой — слабый. Предсказания модельных расчетов проверены на выборке из 11 событий, зарегистрированных радиоинтерферометром Нобеля, в которых наклон частотного спектра между 17 и 34 ГГц нулевой или близок к нулю в каком-либо участке вспышечной петли.

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

Системы измерений магнитных полей солнечных пятен

Кузнецова М.А.

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

В данной работе рассматриваются результаты измерений магнитных полей солнечных пятен нескольких российских и зарубежных обсерваторий. Проводится сравнение рядов измерений магнитных полей солнечных пятен разных обсерваторий.

**Проявление асимметрии чётных-нечётных циклов
солнечной активности в годовой вариации
электромагнитных параметров солнечного ветра
на орбите Земли**

Кузнецова Т.В., Лантухов А.И.

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

Исследование годовой вариации величин электромагнитных параметров солнечного ветра: вектора Пойтинга, электрического поля солнечного ветра и ММП на фазах спада солнечных циклов, проведенное на основе измерений скорости солнечного ветра и ММП на орбите Земли в 1964-2005 гг, показало их четкое различие в четных и нечетных циклах солнечной активности — все величины больше в нечетных, чем в четных циклах. Результат позволил сделать вывод о том, что различие величин параметров солнечного ветра в четных-нечетных циклах солнечной активности на фазах спада связано с 22-летним солнечным магнитным циклом и проявляется в годовой вариации электромагнитных параметров на орбите Земли. На основе проведенных исследований мы предлагаем объяснение годовой вариации солнечной активности источниками, связанными с 22-летним солнечным магнитным циклом (а не с источниками галактического и планетарного происхождения, как предполагается в некоторых гипотезах). Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ, № 06-05-64998

**Узкополосная широкоугольная ступень оптического
фильтра на основе двухлучевого интерферометра
с полупрозрачным металлическим слоем**

Кулагин Е.С.

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

Для применения современного метода двумерной спектроскопии Солнца необходимы узкополосные оптические фильтры. Наиболее распространенные интерференционно-поляризационные фильтры (КОТ) недостаточно узкополосны для работы с узкими фотосферными линиями.

Двухлучевой интерферометр может выполнять роль узкополосной широкоугольной ступени оптического фильтра. Каждая такая ступень, как и ступень КОТ, сужает полосу пропускания вдвое. Но в интерферометре,

в отличие от ступени КОТ, легко достигается большая разность хода интерферирующих лучей. При определенном соотношении между разностью хода в стекле и в воздухе достигается широкое поле зрения. Два оригинальных поляризационных интерферометра Майкельсона используются на СОНО в приборе MDI для сужения полуширины полосы пропускания КОТ в линии Ni I 6768Å с 465mÅ до 94mÅ.

Автором разрабатывается применение в двухлучевых интерферометрах, как ступенях фильтра, полупрозрачных металлических слоев из металлов с большими показателями преломления (хром, вольфрам и др.). Применение таких слоев дает возможность осуществления многократной последовательной двухлучевой интерференции света. При использовании этого вида интерференции света в двухлучевых интерферометрах, как ступенях фильтра, нет необходимости в предварительном расщеплении луча и в использовании фазовых пластинок. Выходящие лучи из одного интерферометра (ступени фильтра) готовы к последующему переналожению с необходимой разностью хода. Для практического применения этого вида интерференции решающее значение имеет значительное уменьшение поглощения металлического слоя в максимумах интерференционных картин.

Разработана и изготовлена первая узкополосная широкоугольная ступень фильтра с полупрозрачным металлическим слоем. Для устойчивости юстировки ступень выполнена в виде жесткого клеенного каркаса из прямоугольных призм. Точное переналожение изображений производится поворотами стеклянных клиньев. Сканирование по спектру осуществляется параллельным перемещением клина с малым углом преломления. Приводятся результаты испытаний ступени. Разработанные двухлучевые интерферометры-ступени предназначаются для сужения полосы пропускания как вновь создаваемых фильтров так и для уже существующих.

Работа поддержана из средств, выделяемых на разработку космического проекта «Межпланетная стереоскопическая обсерватория».

**Гамма-излучение солнечных вспышек с энергией
>10 МэВ как индикатор ускорения электронов
и протонов до релятивистских энергий. Результаты
измерений на ИСЗ «КОРОНАС-Ф» и сравнение
с результатами, полученными ранее**

Курт В.Г.¹, Юшков Б.Ю.², Галкин В.И.³, Кудела К.⁴

¹ НИИЯФ МГУ, Москва, e-mail: vvk@srd.sinp.msu.ru

² НИИЯФ МГУ, Москва, e-mail: clef@srd.sinp.msu.ru

³ НИИЯФ МГУ, Москва, e-mail: v_i_galkin@rambler.ru

⁴ Институт экспериментальной физики Словацкой АН, Кошице,
Словакия, e-mail: kkudela@kosice.upjs.sk

С помощью детектора СОНГ на ИСЗ КОРОНАС-Ф было зарегистрировано гамма-излучение высоких энергий (>100 МэВ) в мощных солнечных вспышках 25.08.2001, 28.10.2003, 04.11.2003 и 20.01.2005 гг. При взаимодействии протонов с энергиями выше 300 МэВ с веществом солнечной атмосферы в реакциях $p+p$ и $p+\alpha$ (1) генерируются нейтральные π -мезоны (пионы), которые мгновенно распадаются на два гамма-кванта. Энергетический спектр этих гамма-квантов за счет Доплер-эффекта представляет собой широкую линию с максимумом на 67 МэВ. Помимо нейтральных пионов в тех же взаимодействиях протонов рождаются заряженные пионы, при распаде которых возникают электроны и позитроны, генерирующие при взаимодействии с веществом тормозное излучение, спектр которого тянется до энергий этих электронов и позитронов, т.е. до десятков МэВ. Выделение в последовательных спектрах спектральной особенности, обусловленной генерацией и распадом нейтральных пионов, позволило с высокой точностью определить моменты появления в солнечной атмосфере протонов, ускоренных до энергий свыше 300 МэВ.

Как более ранние измерения высокоэнергичного гамма-излучения мощных солнечных вспышек, так и измерения на ИСЗ КОРОНАС-Ф, проведенные в 2001-2005 г., показали, что для таких вспышек характерно наличие двух последовательных эпизодов (фаз) ускорения во время развития основного энерговыделения во вспышке. В первой фазе ускоряются преимущественно электроны, генерирующие тормозное излучение с энергией до десятков МэВ, и протоны с мягким спектром, так что их энергия не превышает десятки МэВ. Во второй фазе протоны ускоряются более эффективно, и их число с энергией, превышающей порог реакций (1), возрастает настолько, что гамма-излучение, рожденное при распаде пионов, может быть зарегистрировано современными детекторами.

После двух вспышек (28.10.2003 г. и 20.01.2005 г.) было зарегистрировано наземное возрастание солнечных протонов. Сопоставление времен

ускорения протонов на Солнце и регистрации частиц на 1 а.е. позволило сделать вывод, что выход частиц в межпланетное пространство начинается практически одновременно с их ускорением.

Из анализа данных, полученных в нашем эксперименте, следуют определенные и весьма важные выводы, накладывающие существенные ограничения на модели ускорения частиц во время солнечных вспышек. Само по себе наблюдение высокоэнергичного гамма-излучения с рассмотренной спектральной особенностью, возникающей в интервале времени порядка 10 с, показывает, что речь идет именно об ускорении в компактной области таким образом, что протоны практически мгновенно взаимодействуют в слое с достаточной плотностью вещества, необходимой для эффективной генерации пионов. Это подтверждается результатами многоволнового анализа этих событий, показавшего, что основное энерговыделение вспышки происходит в компактном объеме. Сопоставление наших данных с результатами измерений в субмм диапазоне проливает свет на природу этого излучения.

Существуют ли вариации потока солнечных нейтрино в эксперименте SAGE?

Кутвицкий В.А.¹, Семикоз В.Б.¹, Соколов Д.Д.²

¹*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова, ИЗМИРАН, Троицк, Московская обл.,
e-mail: vak144@yandex.ru*

²*Московский Государственный университет, Физический факультет, Москва, e-mail: sokoloff@dds.srcc.msu.su*

Выясняется степень, с которой данные эксперимента SAGE указывают на постоянство потока солнечных нейтрино. Показано, что в первом приближении этот поток постоянен, а функция распределения потока нейтрино одномодовая. При более детальном анализе выясняется, что первые два года эксперимента (1990-1992 гг.) демонстрируют картину, несколько отличную от картины, характерной для последующих лет, причем отличительной особенностью этого первого этапа SAGE является более сильный разброс потока нейтрино по сравнению с последующей эпохой.

Отмечается, что своеобразие данных 1990-1992 гг. не является каким-то периодическим процессом с периодом, сопоставимым со временем существования эксперимента SAGE. Проще всего эти данные можно было бы объяснить проявлением какой-нибудь неустойчивости, возникающей время от времени в радиативной зоне. Однако вывод о наличии таких неустойчивостей выглядит достаточно радикальным, и делать его на

основании только этих данных кажется преждевременным. Хотя на спаде солнечной активности в 1990-1992 могло произойти наблюдаемое увеличение нейтринного потока, вызванное, например, ослаблением взаимодействия магнитного момента нейтрино с уменьшающимся магнитным полем в конвективной зоне, мы не наблюдаем повторения такого роста нейтринного потока в 23 цикле, т.е. 10-12 лет спустя после максимума солнечной активности в 2000 году. По-видимому, другой механизм и другие (более длительные) периоды изменений внутренних характеристик Солнца могут быть ответственными за «скачок» потока нейтрино в эпоху 1990-1992.

Тем не менее, нам представляется, что сама потенциальная возможность подобного вывода достаточна для продолжения эксперимента SAGE в течение длительного времени.

**Тензорная магнитогазодинамика
как квазикинетический способ описания разреженной
плазмы солнечной атмосферы**

Лаптухов А.И.

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

Интегродифференциальная система уравнений Максвелла и Власова для описания динамики бесстолкновительной плазмы сведена к системе только дифференциальных уравнений для электромагнитного поля и функций $F(t, \mathbf{R}, \mathbf{q})$, которые представляют собой Фурье преобразование функций распределения частиц $f(t, \mathbf{R}, \mathbf{V})$ в пространстве скоростей \mathbf{V} . Получены граничные и иные условия, которым должны удовлетворять функции F . Отмечено, что задача о распространении волн в однородной магнитоактивной плазме решается проще с использованием функций F , чем f . При этом бесстолкновительное затухание волн сохраняется в неизменном виде, хотя никаких особых точек (деления на ноль) и обхода этих точек не возникает. Предложен приближённый метод решения кинетического уравнения для функции распределения F в виде ряда Тейлора по трём независимым переменным $q_k, k = 1, 2, 3$, коэффициенты которого — функции времени t и координат \mathbf{R} удовлетворяют системе уравнений тензорной магнитогазодинамики (ТМГД). При анализе распространения волн в однородной магнитоактивной покоящейся горячей плазме показано, что учёт в системе уравнений ТМГД тензоров ранга $k = 2, 3 \dots$ и пренебрежение тензорами более высокого ранга соответствует учёту волн на

циклотронных гармониках до k включительно и пренебрежение гармониками выше k . Система уравнений ТМГД менее точно описывает поведение плазмы, чем кинетические уравнения, но более точно, чем МГД уравнения со скалярным давлением, в рамках которых циклостронные волны не описываются. Поэтому ТМГД, учитывающая реально существующие тензорные свойства разреженной плазмы, является промежуточной (по степени точности и сложности описания поведения плазмы) между обычной МГД со скалярным давлением и кинетическими уравнениями. Показано, что в плазме солнечной атмосферы возможно существование кинетических (циклостронных) волн сколь угодно низкой частоты с длиной волны порядка ларморовского радиуса частиц. Предполагается, что такие волны могут возбуждаться в конвективной зоне Солнца и, распространяясь вверх, из-за обычной вязкой диссипации эффективно нагревать хромосферу и корону до высоких температур.

**Возможности исследования временных рядов
наблюдений индексов солнечной активности методом
узкополосной фильтрации**

Лейко У.М.

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

Представлена новая методика обработки временных рядов, включающая спектральный анализ узкополосную фильтрацию и моделирование амплитудно модулированных сигналов.

Спектр мощности любого временного ряда дает информацию о его частотном составе. Применяв частотную фильтрацию, можно выделить тот или иной участок спектра – отфильтровать сигналы определенной частоты. Суть предлагаемой методики обработки временных рядов состоит в следующем. Делается Фурье-преобразование исследуемого временного ряда и обнуляется частотный диапазон, содержащий пик с интересующей нас частотой. После этого делается обратное Фурье-преобразование и полученный таким образом ряд вычитается из исходного исследуемого ряда. Полученный в результате вычитания ряд является чистым сигналом определенной частоты. В результате применения этой методики при обработке временных рядов солнечной активности обнаружено, что каждому значимому пику спектра мощности таких рядов соответствует амплитудно модулированное синусоидальное колебание. Предложенная методика дает

возможность получить форму синусоидального колебания любой частоты любого частотного диапазона спектра мощности обрабатываемого временного ряда. Моделирование полученных колебаний дает возможность определить параметры модулирующих функций и, следовательно, получить новую информацию о вариациях солнечной активности

Метод продемонстрирован на примере обработки временных рядов чисел Вольфа, общего среднего магнитного поля Солнца и фонового магнитного поля Солнца.

Модулирующие периоды солнечной активности и прогноз очередного долгопериодического минимума солнечной активности

Лейко У.М.

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

Временные ряды среднемесячных и среднегодовых чисел Вольфа обработаны по новой методике (включающей спектральный анализ, узкополосную фильтрацию, и получено 25 сигналов в диапазоне периодов 8-200 лет, имеющих форму амплитудно модулированных синусоидальных колебаний. В результате моделирования этих сигналов были определены периоды модулирующих функций. Их значения находятся в пределах 310–660 лет.

Анализ формы полученных сигналов выявил, что в течение исследуемого интервала времени (1700 – 2007 гг.) все модулирующие функции имели максимум. Ближайший прошлый минимум большинства модулирующих функций совпал по времени с маундеровским минимумом солнечной активности. Поэтому, вполне логично предположить, что маундеровский минимум солнечной активности является следствием совпадения во времени минимумов большого числа периодических вариаций (около 13). Ближайшие будущие минимумы полученного класса вариаций (с периодами 310-660 лет) ожидается в 2032-2232 гг., а наибольшее их количество приходится на XXII столетие. Продолжительность следующего долгопериодического минимума солнечной активности будет, согласно полученным в представленном исследовании результатам, больше ста лет.

Выявлено ряд интересных свойств нового класса периодичностей. Оказалось, чем длиннее несущий период, тем короче период модулирующей его синусоиды. Чем позже наблюдается максимум модулирующей функции, тем короче ее период.

Газодинамические процессы в мощных нестационарных явлениях на Солнце

Лившиц М.А.

ИЗМИРАН

Высказывается новая идея развития процессов во внешней атмосфере Солнца, возникающих после мощного выделения энергии в небольшой области, располагающейся над хромосферой. В этой области газовое давление начинает превосходить магнитное, и развиваются восходящие и нисходящие потоки горячей плазмы. Оценивается масса СМЕ, сопровождающего заданное выделение энергии. Появление постэруптивных явлений связывается с частью вещества, задерживающегося после СМЕ и падающего на петли нижележащего магнитного поля, как это описано впервые в работе N.R.Sheeley и др., *Astrophys. J.*, 2004, 616, 1224. Это падение усиливается за счет направленного вниз потока плазмы и ускоренных частиц из коронального токового слоя, который, для простоты, считается вертикальным. Кратко обсуждается проверка некоторых следствий из предлагаемой модели, относящихся к локализации источников релятивистских частиц и к развитию постэруптивных явлений, а также роль газодинамических явлений в образовании структур, существующих в короне достаточно долго.

Наблюдения магнитных полей с индукцией в 10 килогаусс в большой солнечной вспышке 28 октября 2003 года

Лозицкий В.Г.

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

Локальные магнитные поля с индукцией в 10 кГс обнаружены в максимальной фазе большой солнечной вспышки 28 октября 2003 г. балла X17.2/4B. Эшельные зееман-спектрограммы вспышки получены на горизонтальном солнечном телескопе Астрономической обсерватории Киевского национального университета имени Тараса Шевченко. Исследование стоксовых профилей I и V линий FeI 5232.9, 5247.1, 5250.2 и 5397.1 А выявило ряд характерных спектральных особенностей, которые указывают как на поля указанной величины, так и менее сильные поля килогауссового диапазона. Для яркого вспышечного узла установлено, что внутри площадки с характерным размером 1 Мм существовала мультикомпонентная структура магнитного поля, причем компоненты с индукцией примерно

10 кГс и 2 кГс имели противоположную магнитную полярность. Лучевые скорости в местах локализации соответствующих мелкомасштабных структур были незначительными, менее 1 км/с.

**Измерения магнитных полей в медленной солнечной
вспышке класса C4 на фотосферном
и хромосферном уровнях**

Лозицкий В.Г., Андриец Е.С.

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

Изучаются магнитные поля в слабой и медленной солнечной вспышке 28 июля 2004 г. рентгеновского класса C4, возникшей в активной области NOAA 652. Спектрально-поляризационные измерения показали, что в области яркого узелка этой вспышки, находящегося почти по центру пятна с магнитным полем 2700 Гс, магнитное поле в линии FeI 6302.5 было в 1.6-1.8 раза сильнее, чем поле в линии H-альфа. Заключено, что отличие можно объяснить наклоном силовых линий магнитного поля а также тем, что высотный градиент магнитного поля при переходе от фотосферы к хромосфере близок к нулю. Поскольку теоретически (из-за существенного падения газового давления с высотой) высотный градиент должен быть отрицательным, возможно, что в области вспышки действовал какой-то специфический механизм <поддержания> величины магнитного поля на одном уровне. Вне пятна и вспышки измерено $B(6302.5)/B(6563)=3-4$, что указывает на обычный отрицательный высотный градиент поля.

Структура и эволюция магнитных полей в солнечных вспышках: спектрально-поляризационные наблюдения и МГД-модели

Лозицкий В.Г.¹, Соловьев А.А.²

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

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

Спектральные наблюдения с анализаторами поляризации (спектрально-поляризационные) позволили выявить ряд существенных особенностей магнитных полей в солнечных вспышках. Оказалось, что вспышки возникают в тех местах активных областях, где имеется высотное возмущение магнитного поля типа острого и узкого (~ 100 км) пика (Лозицкий и Барановский, 1993; Lozitsky et al., 2000; Лозицкий и Курочка, 2005). Эти пики возникают, как правило, в верхней фотосфере и зоне температурного минимума. Магнитное поле в этих местах усилено в 2-5 раз и достигает значений как минимум 3-4 кГс. Время существования этих возмущений примерно 10 мин. Замечено, что с развитием вспышки эти особенности не только «размываются», превращаясь в обычное ослабевающее с высотой магнитное поле, но и «тонут», т.е. уменьшают свою высоту в атмосфере (Курочка и Лозицкий, 2008). Одновременно с этим, в несколько раз увеличиваются турбулентные скорости на тех же высотах, непосредственно свидетельствуя, что энергия магнитного поля трансформируется в энергию движений плазмы. Суммируя все наблюдаемые свойства таких структур, представляется наиболее вероятным, что физически это могут быть компактные магнитные вихри, предсказанные Соловьевым (1998). Возможно, подобные магнитные образования возникают и выше — в хромосфере и нижней короне. При наблюдениях лимбовых вспышек и активных протуберанцев найдены указания на то, что сильные мелкомасштабные поля килогауссового диапазона возникают на высотах до 20 Мм (Лозицкий и Яворская, 2006; Лозицкий и Стаценко, 2007).

Быстрые и медленные потоки солнечного ветра

Лотова Н.А., Владимирский К.В., Обридо В.Н.

ИЗМИРАН

Математические проблемы палеоклиматических реконструкций

Макаренко Н.Г.

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

В докладе обсуждаются математические аспекты оценки реальности и качества типичных реконструкций палеоклимата в форме временных рядов.

Рассматривается теоретическая проблема *postdiction* — предсказания прошлого на основе данных, известных для конечного интервала Реальности. Показано, что даже в рамках *AR* моделей, для данных с ограниченной точностью, эта задача является *NP*-сложной.

Обсуждается классическая задача восстановления регрессии, которая обычно используется для реконструкции палеоклиматических рядов в случае неизвестной плотности распределения вероятностей. Кратко рассматриваются возможности Искусственных Нейронных Сетей (ИНС) для восстановления регрессии и проблемы выбора наиболее вероятного варианта из множества возможных решений. Приводятся ограничения, связанные с существованием долговременных зависимостей в климатических рядах.

Для оценки качества известных реконструкций предлагается использовать оценки Гельдеровской регулярности временных рядов. Показано что регулярность наиболее известных температурных реконструкций значительно ниже гладкости опорного инструментального ряда.

В заключении, обсуждаются некоторые робастные меры сложности для корреляционных паттернов временных рядов.

Всплески активности на полюсах Солнца, предшествующие 24 циклу пятен

Макарова В.В., Пархоменко А.В., Джемакулов А.А.

*Горная астрономическая станция ГАО РАН, Кисловодск, Россия,
e-mail: mahatt@rambler.ru*

Существует Кисловодский ряд полярных факелов (1960–1999), включающий информацию об активности на полюсах Солнца за четыре цикла: 20-й, 21-й, 22-й и 23-й.

В данной работе представлены результаты наблюдений и обработки за 7 лет нового, текущего 24-го полярного цикла (2001–2007). Приведены среднемесячные значения RF на широта более 50 градусов для северного и южного полушарий; широтно-временное их распределение и сильные флуктуации полярной активности, предшествующие пятенному циклу.

Распределения радиояркости вдоль вспышечных петель на разных фазах микроволнового всплеска

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

ФГНУ НИРФИ, Нижний Новгород, e-mail: meln@nirfi.sci-nnov.ru

Проведено обобщение результатов работы [1] о типах распределения радиояркости вдоль вспышечных петель. Исследованы все события, зарегистрированные радиогелиографом Нобейма в 1997–2007 гг на частотах 17 и 34 ГГц, в которых хотя бы на одной из частот в некоторый промежуток времени была различима одиночная петля. Таких событий оказалось 42. По данным поляриметра Нобейма в 41-ом из них радиосточник (вспышечная петля) был оптически тонким по крайней мере на 34 ГГц. Чтобы учесть перераспределение радиояркости вдоль петли в течение микроволнового всплеска, рассмотрены три временных интервала: фаза роста, фаза максимума и фаза спада. Сама вспышечная петля была разделена на три участка: два основания и вершина. Кроме того, все события были разделены по гелиодолготам на 3 группы: $|\lambda| < 30^\circ$ (16 событий), $30^\circ < |\lambda| < 70^\circ$ (13 событий), $|\lambda| > 70^\circ$ (13 событий).

Главным результатом работы является доказательство того, что тип распределения яркости с максимумом в вершине оптически тонкого петлеобразного радиосточника является весьма распространенным. Практически в половине событий на фазах максимума и спада интенсивности всплеска максимум в распределении яркости находится вблизи вершины вспышечной петли (в 55% событий на $f = 17$ ГГц и в 65% – на $f = 34$ ГГц). Интересно, что, несмотря на отсутствие эффекта проекции, для лимбовых

вспышек на частоте 34 ГГц пик яркости приходится на вершину даже чаще. На фазе роста максимумы яркости обычно находятся в основаниях (в одном или сразу двух). По данным нашей выборки на протяжении фазы роста максимум яркости чаще меняет свое положение, чем во время других фаз.

- [1] Мартынова О.В., Мельников В.Ф., Резникова В.Э. // Труды XI Пулковской международной конференции по физике Солнца «Физическая природа солнечной активности и прогнозирование ее геофизических проявлений» (ГАО РАН, Пулково, Санкт-Петербург, 2-7 июля 2007 года). 2007, С.241

**Микроволновые вспышечные петли: новые методы
диагностики ускорения
и кинетики нетепловых электронов**

Мельников В.Ф.

*ФГНУ НИРФИ, Нижний Новгород; ГАО РАН, Санкт-Петербург,
e-mail: meln@nirfi.sci-nnov.ru*

Сделан обзор новых экспериментальных и теоретических исследований, связанных с пространственным распределением параметров микроволнового излучения и среднерелятивистских электронов вдоль солнечных вспышечных петель. Показано, что результаты, полученные с помощью современных радиогелиографов, позволили выйти на качественно новый уровень радиоастрономической диагностики процессов ускорения и кинетики нетепловых электронов во вспышечных петлях. На большом статистическом материале установлены характерные типы распределения радиояркости вдоль вспышечных петель и закономерности ее динамики. Обнаружен новый класс вспышечных петель, характеризующийся пиком яркости в вершине вспышечной петли в области частот, где источник является оптически тонким. Обнаружены различия в наклоне и эволюции микроволнового спектра для разных участков вспышечной петли. Обнаружены новые свойства динамики степени поляризации.

Показано, что закономерности распределений яркости, частотного спектра и поляризации тесно связаны с особенностями распределения и динамики среднерелятивистских электронов во вспышечной петле, в частности, с их питч-угловой анизотропией. На основе решения нестационарного уравнения Фоккера-Планка установлена зависимость особенностей распределения электронов от места ускорения/инъекции электронов в петле

и от типа функции инжекции. Тем самым созданы основы для радио-астрономической диагностики и наблюдательной проверки конкретных механизмов и моделей ускорения среднерелятивистских электронов в солнечных вспышках. Сформулированы требования к будущим радиоастрономическим инструментам, способным решать задачи такой диагностики.

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

Формирование тепловых фронтов во вспыхивающих петлях

Мельников В.Ф.¹, Арбер Т.Д.²

¹ ФГНУ НИРФИ, Нижний Новгород, e-mail: meln@nirfi.sci-nnov.ru

² University of Warwick, UK, e-mail: t.d.arber@warwick.ac.uk

Известны два противоположных заключения относительно эволюции системы, в которой горячие электроны инжектируются в корональную магнитную петлю. Согласно одному, сделанному на основе аналитических решений, эта инжекция приводит к формированию ионно-звуковой турбулентности и движущегося теплового фронта [1, 2]. Согласно второму, полученному позднее на основе детального численного моделирования, ионно-звуковая турбулентность не развивается и тепловой фронт не возникает в плазме, однородной вдоль поля [3].

В данной работе проведен анализ проблемы существования тепловых фронтов в солнечных вспыхивающих петлях и на основе прямого численного решения уравнений Власова и Максвелла подтверждена генерация движущегося теплового фронта, возникающего на границе горячей и холодной электронной плазмы. Показано, что скорость его движения приблизительно равна ионно-звуковой скорости, что примерно в 40 раз медленнее, чем тепловая скорость «горячих» электронов. Установлено, что температура электронов горячей области спадает в $(m_i/m_e)^{1/2} \approx 40$ раз медленнее, чем при простом разлете с тепловой скоростью. Для образования теплового фронта существует критическая длина горячей области, которая уменьшается при увеличении разности температур горячей и холодной областей. Показано, что, в отличие от аналитического решения, структура теплового фронта более сложная, температура электронов резко уменьшается не один, а несколько раз.

[1] Brown J.C., Melrose D.B. and Spicer D.S. // ApJ, 1979, v.228, p.592

[2] Levin B.N. and Melnikov V.F. // Solar Physics, 1993, v.148, p.325

[3] McKean M.E., Winglee R.M. and Dulk G.A. // ApJ, 1990, v.368, p.295

Влияние тока протуберанца на скорость коронального выброса

Мерзляков В.Л.

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

Исследуется движение коронального выброса вещества (КВВ), сопровождаемого эрупцией протуберанца. Предполагается, что КВВ вызван дрейфом вследствие индукции электрического поля от поднимающегося волокна с током [1]. Проведено моделирование подъема КВВ при указанных условиях с учетом отраженного подфотосферного тока. В результате модельных расчетов было получено выражение для радиальной скорости КВВ: $V_r = \frac{4I \sin\beta}{c r B_k} V_p$, где I — величина тока волокна, V_p — скорость подъема волокна, B_k — напряженность коронального магнитного поля Солнца, β — угол между направлениями этого поля и тока, r — удаленность от фотосферы переднего края КВВ. Найденное выражение демонстрирует линейный характер воздействия тока волокна на скорость КВВ. Однако линейность имеет место только до границы поверхности источника. За ней, в области открытых магнитных силовых линий, выражение для скорости КВВ принимает вид: $V_r = \frac{8I^2 l r_p}{c^2 r^4 B_k^2} V_p$, где l — длина волокна, r_p — его высота над фотосферой. Искомое влияние становится квадратичным.

Наблюдательные данные скоростей V_r и V_p доступны в областях выше поверхности источника, поэтому изучение влияния тока волокна должно быть основано на последнем соотношении. В работе [2] такого рода данные охватывали интервал $4R_\odot - 12R_\odot$, в пределах которого отношение V_r/V_p оставалось постоянным. Такое постоянство означает уменьшение величины $I \sim r_p^{-1/2}$.

[1] Filippov B.P. // *Astron. Astrophys.*, 1996, v.313, p.277.

[2] Foley C.R., Harra L.K., et al. // *Astron. Astrophys.*, 2003, v.399, p.749.

Закономерности начального этапа корональной эрупции

Мерзляков В.Л., Молоденский М.М.

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

Проведено исследование начального этапа коронального выброса вещества (КВВ). Этот этап характеризуется малыми скоростями подъема КВВ [1] и замкнутой конфигурацией магнитного поля области выброса [2]. Предполагается дрейфовый механизм подъема, который приводит в движение КВВ поперек магнитных силовых линий. Появление дрейфа связывается с увеличением магнитного потока исследуемой активной области. Ранее авторами было получено выражение для скорости этого дрейфа [3], её радиальная компонента с учетом трех основных гармоник магнитного поля имеет вид: $V_r = \frac{\dot{M}}{M} r - \left(\frac{3Q}{Mr^2} \right) \frac{\dot{Q}}{Q} r$, где M, Q — величины дипольного и октупольного моментов активной области, \dot{M}, \dot{Q} — их временные производные, r — удаленность КВВ от фотосферы. Из выражения для V_r следует определяющая роль временной вариации дипольной компоненты в подъеме КВВ и тенденция увеличения V_r с высотой из-за уменьшения вклада октупольного члена. Для наблюдаемого диапазона скоростей КВВ 5 — 100 км/с [1] из выражения для V_r получаем интервал роста дипольного момента активной области $\frac{\dot{M}}{M} \sim 10^{-6} - 10^{-4} \text{ c}^{-1}$.

Резкие скачки скорости КВВ возникают из-за изменения величины роста дипольного момента активной области. Аналитически такое изменение представляется через временную производную скорости КВВ $\dot{V}_r = \frac{\ddot{M}}{M} V_r$, где \ddot{M} — вторая производная. Наблюдаемые ускорения до 100 м/с² [2] означают $\frac{\ddot{M}}{M} \sim 10^{-3} \text{ c}^{-1}$.

- [1] Zhang J., Dere K.P., et al. // *Astrophys.J.*, 2001, v.559, p.452.
- [2] Bong S.-C., Moon Y.-J., et al. // *Astrophys.J.*, 2006, v.636, p.L169.
- [3] Молоденский М.М., Мерзляков В.Л. // *Письма в Астрон. журн.*, 2002, т.28, с.314.

Плотность широтного распределения солнечной активности в 11-летних циклах

Милецкий Е.В., Иванов В.Г.

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

Существование тесной связи солнечной активности с шириной зоны пятнообразования по широте, установленной ранее для среднегодовых величин, подтверждено и для их среднеоборотных значений.

Введено понятие средней «плотности широтного распределения» (ПШР), определяемой как отношение текущей солнечной активности к ширине соответствующей зоны. Обнаружено, что при увеличении солнечной активности, начиная с некоторой ее величины, линейность в возрастании ПШР сменяется нелинейностью, характеризуемой резким замедлением ее роста. Дальнейшее повышение активности не приводит к заметному увеличению ПШР, значения которой, остаются ниже некоторого постоянного уровня, названного нами «уровнем насыщения».

Рассмотрено поведение ПШР с течением времени в 11-летних циклах 12-23. Показано, что в эпохи максимумов всех рассмотренных 11-летних циклов величина ПШР достигает уровня насыщения, который не зависит от амплитуды этих циклов. После этого дальнейшее увеличение активности всегда сопровождается расширением зоны пятнообразования.

Исходя из соотношений, выведенных на основе обнаруженных закономерностей, сделаны оценки максимально возможных амплитуд 11-летних циклов.

Особенности ускорения и распространения протонов солнечных вспышек

Минасянц Г.С., Минасянц Т.М.

*Астрофизический Институт им. Фесенкова, Алматы, Казахстан,
e-mail: minas@aphi.kz*

Известно, что после мощной протонной вспышки, первыми орбиты Земли достигают квазирелятивистские протоны, а затем — протоны более низких энергий. Причем время задержки протонов низких энергий $E_p < 15$ MeV, относительно потоков Солнечных космических лучей (СКЛ), составляет не менее полусуток.

Нами было выявлено несколько случаев, относящихся к протонным вспышкам, когда практически одновременно (в пределах 5-15 минут) регистрируются, прибывшие к Земле, вспышечные потоки частиц самых различных энергий.

Для проверки этого факта, проведено исследование 20 протонных вспышек, относящихся к 23 циклу активности. Все рассмотренные вспышки, в максимуме интегрального потока протонов с энергиями $E_p > 100$ MeV, имели значения $F_p \geq 1$ (particles/cm² sec sr). Используются результаты наблюдений со спутников ACE, GOES, IMP, HESSI, SOHO и наземные наблюдения. Временное разрешение 5 минут.

Для каждой вспышки были построены временные распределения значений дифференциальных потоков протонов 12 интервалов энергий: от (47-68) keV до (165-500) MeV. Итоговая картина временных распределений протонов по энергиям показывает интересные особенности. По времени начала усиления вспышечных потоков протонов вблизи Земли, можно выделить 3 характерных типа.

I тип. Вспышечные потоки протонов, каждого из представленных диапазонов энергий, начинают усиление в различные моменты времени, в соответствии с кинетической энергией частиц (5 вспышек).

II тип. Наблюдается одновременное усиление потоков протонов различных энергий (8 вспышек).

III тип — смешанный. Начала усиления потоков протонов средних и высоких энергий соответствуют I типу, а потоков протонов низких энергий — II типу. Причем время их одновременного усиления начинается с приходом протонов более высоких энергий (7 вспышек).

Примечательно, что к II типу относятся, в основном, самые мощные вспышки, генерировавшие потоки СКЛ.

Очевидно, что потоки частиц низких энергий, которые регистрируются вблизи орбиты Земли почти одновременно с субрелятивистскими, имеют иную природу, чем вспышечные. В подтверждение этого, удалось для нескольких случаев одновременного усиления потоков протонов всех энергий, выделить усиление протонов низких энергий, которые соответствуют реальной скорости их движения от вспышки к Земле.

Новые факты, установленные на основе наблюдательных данных о временных распределениях потоков протонов различных энергий, требуют внесения корректив в существующие механизмы генерации частиц в течение вспышечного процесса и, особенно в эволюцию потоков при их движении в среде солнечного ветра в присутствии межпланетного магнитного поля.

Приходим к выводу, что должен действовать дополнительный механизм ускорения частиц на всем протяжении межпланетного пространства от Солнца к Земле. Таким механизмом может служить возбуждаемая в

солнечном ветре частицами высоких энергий плазменная турбулентность, с последующим ускорением менее энергичных частиц.

О спектрах радиальных колебаний

Михаляев Б.Б., Хонгорова О.В.

Калмыцкий Государственный Университет

Вклад теплового тормозного излучения в микроволновое излучение вспышечных петель

*Моргачев А.С., Поляков В.Е., Щербаков Д.А.,
Мельников В.Ф.*

ФГНУ НИРФИ, Нижний Новгород, e-mail: meln@nirfi.sci-nnov.ru

Основными механизмами широкополосного микроволнового излучения вспышечных петель являются гиросинхротронный (ГС) и тепловой тормозной. Одной из характеристик ГС излучения является спектральный индекс, отражающий наклон частотного спектра и позволяющий определить важнейший параметр вспышки — показатель энергетического спектра ускоренных электронов. Так как наблюдаемый поток микроволнового излучения представляет собой сумму потоков ГС излучения энергичных частиц и теплового тормозного излучения горячей плазмы, то для правильного определения спектрального индекса необходимо корректировать данные наблюдений путем вычета из общего потока компоненты, связанной с тепловым тормозным излучением. В настоящей работе проведен совместный анализ микроволнового и мягкого рентгеновского излучений 28 вспышек по данным радиополяриметра и радиогелиографа Нобеяма и спутника GOES. Установлено, что на фазе максимума всплеска влияние теплового тормозного излучения на поток и спектральный индекс незначительно (<3%), а на поздней стадии фазы спада его вклад в общий поток достигает максимума (до 70%), приводя к значительному уменьшению наблюдаемого спектрального индекса (до $\Delta\alpha = 1 - 2$). Наибольшее влияние на общий поток и спектральный индекс принимаемого излучения реализуется в основаниях вспышечной петли.

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

Изменения потока излучения Солнца, ошибки его измерений и связь с магнитной активностью

Мордвинов А.В.

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

Внеатмосферные измерения потока излучения Солнца показывают кратковременные, циклические и долговременные изменения. Существующие версии измерений потока излучения, приведенные к единой шкале, хорошо согласуются между собой на коротких масштабах времени, но их низкочастотные компоненты заметно различаются. Кумулятивные суммы разностей между системами измерений показывает долговременный ход, характеризующий тем самым систематические ошибки, возникающие в результате погрешностей абсолютной калибровки радиометров, изменения их чувствительности со временем. На основе анализа кумулятивных сумм разностей одновременных измерений интегрального потока излучения Солнца по разным системам измерений оценена неопределенность его долговременных изменений, составляющая 0.25 Вт/м^2 . Сопоставление погрешностей в оценке долговременных изменений потока излучения Солнца, полученных по разным данным, показывает, что надежная оценка векового тренда находится на пределе возможностей современных измерений.

Соотношение между магнитной активностью Солнца и его светимостью имеет многомасштабный и нелинейный характер. Реконструкции изменений светимости Солнца, выполненные на основе эмпирических моделей по косвенным данным о его магнитной активности показывают циклические вариации, амплитуда которых модулирована вековыми изменениями. Долговременные изменения потока излучения проявляются в изменениях уровня фонового излучения. Согласно реконструкции, выполненной с помощью нейронных сетей, фоновый уровень полного излучения Солнца увеличился на 2.5 Вт/м^2 за период 1441–2003.

Bashful ballerina: The asymmetric solar magnetic field in the heliosphere and in the corona

K. Mursula

*University of Oulu, Department of Physics, Oulu, Finland,
e-mail: kalevi.mursula@oulu.fi*

Long-term observations of the heliospheric magnetic field (HMF) at 1 AU have depicted interesting systematic hemispheric and longitudinal asymmetries that have far-reaching implications for the understanding of solar magnetism. It has been found that the HMF sector of the northern solar hemisphere dominates the observed HMF sector occurrence in the heliosphere for about three years during the late declining to minimum phase of the solar cycle [1]. This leads to a persistent southward shift or coning of the heliospheric current sheet at these times, which has been described by the concept of the bashful ballerina. Measurements of the solar surface fields have verified that, at these times, the average field intensity is smaller and the area larger in the northern than in the southern solar hemisphere. They have also shown that a persistent global quadrupole moment, oppositely oriented with respect to the dipole moment, appears at these times [2]. Long-term observations of the geomagnetic field can yield information on the HMF sector structure in the pre-satellite era, and show that the ballerina was bashful at least since 1930s [3, 4]. In addition to the hemispheric asymmetries, the Sun is systematically asymmetric in longitude. The HMF has persistent active longitudes whose dominance depicts an oscillation with a period of about 3.2 years. We describe these phenomena and discuss their theoretical implications. We also study the occurrence of the bashful ballerina at different heliospheric locations, and compare the solar corona field with observations at 1 AU.

- [1] Mursula, K., and Hiltula, T., *Geophys. Res. Lett.* 30, 2-1, 2003.
- [2] Zhao, X. P., Hoeksema, J. T., and Scherrer, P. H., *J. Geophys. Res.* 110 (A9), 10101, 2005.
- [3] Hiltula, T., and Mursula, K., *Geophys. Res. Lett.* 33, 3105, 2006.
- [4] Mursula, K., *Adv. Space Res.* 40, 1034-1041, 2007.

**Релятивистские электроны, наблюдаемые
в околоземном космическом пространстве на малых
высотах, и их связь с событиями на Солнце**

**Мягкова И.Н.¹, Муравьева Е.А.¹, Пилипенко В.А.²,
Романова Н.В.²**

¹ *НИИЯФ им. Д.В. Скобелъцына МГУ им. М.В. Ломоносова,
Москва, e-mail: irina@sdr.sinp.msu.ru*

² *Институт физики Земли, Москва, e-mail: runatka@mail.ru*

Исследование вариаций потоков релятивистских электронов в околоземном пространстве (ОКП), в частности динамика и возможные механизмы ускорения релятивистских электронов во внешнем радиационном поясе Земли (РПЗ) являются предметом как экспериментальных, так и теоретических исследований уже много лет.

В эксперименте на российской солнечной обсерватории КОРОНАС-Ф, имевшей полярную круговую орбиту (первоначальная высота 500 км, наклонение 82.5 градуса) измерялся поток релятивистских и субрелятивистских электронов (энергии от 300 кэВ до 3 МэВ) как в полярных шапках, так и во внешнем РПЗ с августа 2001 по июнь 2005 года.

Было обнаружено, что помимо возрастания потока релятивистских в полярных шапках, наблюдавшегося после мощных солнечных вспышек, существенные возрастания потоков релятивистских электронов наблюдались во внешнем РПЗ как после сильных магнитных бурь, связанных с событиями на Солнце, так и после средних и слабых бурь, вызванных приходом высокоскоростных потоков солнечного ветра (СВ). Следует отметить, что хотя наличие электронов СКЛ не являлось необходимым условием возрастания потоков релятивистских электронов во внешнем РПЗ, при наличии СКЛ возрастания носили более интенсивный и длительный характер и захватывали более широкий интервал L-оболочек.

В настоящей работе исследовалась статистическая связь вариаций потоков электронов с энергиями от сотен кэВ до нескольких МэВ, измеренных на малых высотах (380-500 км — ИСЗ серии КОРОНАС) и на геостационарных орбитах (ИСЗ серий GOES и LANL) с вариациями СВ и геомагнитных индексов.

К вопросу об описании N-S асимметрии солнечной активности

Наговицын Ю.А.

*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,
Санкт-Петербург, e-mail: nag@ga0.spb.ru*

Северо-южная асимметрия <AS> является одним из наиболее «загадочных» параметров солнечной активности. Несмотря на результаты ряда работ (Вальдмайер, Оливер и Баллестер, Золотова и Понявин, и др.), мы до сих пор не имеем конструктивного подхода к описанию <AS> и даже не представляем ее роль в ряду других параметров солнечной активности.

В работе активность каждого из полушарий Солнца предлагается рассматривать как отдельный индекс солнечной активности, что позволяет произвести реконструкцию N- и S- активности с помощью предложенного нами ранее подхода «разложения по псевдофазовому пространству» DPS. Показано, что такой подход позволяет описать наблюдательные данные об асимметрии активности в XIX–XX веках, а также известные особенности поведения <AS> во время Маундеровского минимума.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (гранты 06-02-16268, 07-02-00379) и программы Президиума РАН «Солнечная активность и физические процессы в системе Солнце-Земля».

Физические параметры космической погоды на длительных временах: «нормальные» и «экстремальные» эпохи

Наговицын Ю.А.

*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,
Санкт-Петербург, e-mail: nag@ga0.spb.ru*

Главной целью работы является получение физически информативных комплексных данных о динамике солнечного магнитного поля, геомагнитного поля и межпланетного магнитного поля на больших временных масштабах.

Для временных шкал 400 лет, 1000 лет и несколько тысяч лет приведены реконструкции полного пятенного магнитного потока, <aa>, INV и IDV- индексов геомагнитной активности, напряженности ММП, диполь-октупольного индекса крупномасштабного магнитного поля Солнца, а также открытого солнечного магнитного потока.

Обсуждены особенности поведения параметров космической погоды во время грандиозных экстремумов солнечной активности, таких как Маундеровский минимум и Максимум второй половины XX века.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (гранты 06-02-16268, 07-02-00379) и программы Президиума РАН «Солнечная активность и физические процессы в системе Солнце-Земля».

Открытый солнечный магнитный поток: новые реконструкции

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

*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,
Санкт-Петербург, e-mail: nag@ga0.spb.ru*

В последнее время большую популярность у исследователей в качестве физического параметра космической погоды приобрел так называемый открытый солнечный магнитный поток (ОМП), поскольку его вариации находят отражение в изменениях параметров ММП и геомагнитного поля, а потому служат фактором, влияющим на многие земные процессы. По некоторым оценкам, долговременные изменения ОМП могут оказывать и значимое воздействие на земной климат.

Предложена новая реконструкция поведения ОМП на 400-летней и 1000-летней временных шкалах. Обсуждена надежность полученных рядов, произведено их сравнение с результатами других авторов.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (гранты 06-02-16268, 07-02-00379), Санкт-Петербургского Научного Центра и программы Президиума РАН «Солнечная активность и физические процессы в системе Солнце-Земля».

Долгопериодические колебания в активных областях Солнца: наблюдательные свидетельства

Наговицын Ю.А., Наговицына Е.Ю.

*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,
Санкт-Петербург, e-mail: nag@ga0.spb.ru*

Приведен обзор различных наблюдательных свидетельств существования на Солнце особого вида колебаний магнитного поля пятен, периоды которых составляют от нескольких десятков до нескольких сотен минут. Эти колебания выявлены по трем типам наблюдений: в белом свете (координаты, площадь пятен), в спектральных оптических измерениях (напряженность пятенного магнитного поля, лучевые скорости) и в микроволновом радиодиапазоне (интенсивность и координаты надпятенных радиоисточников). Явление представляет собой суперпозицию квазипериодических крутильных, радиальных, широтных и долготных мод (в последнее время сообщено также и о вертикальных модах). Важную роль в рассматриваемых колебательных процессах играют такие детали структуры пятен, как т. н. «магнитные фрагменты».

Обсуждены основные физические свойства явления и предложена его интерпретация, позволяющая описать типичные наблюдаемые характеристики колебаний.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (гранты 06-02-16268, 07-02-00379) и программы Президиума РАН «Солнечная активность и физические процессы в системе Солнце-Земля».

Корональные дыры и магнитные поля Солнца

Никольская К.И.

Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн, Троицк Московской обл., e-mail: knikol@troitsk.ru

Солнечные магнитные поля являются главным коронообразующим фактором. Они не только ответственны за крупно- и мелкомасштабную структуру короны, но также определяют температурный режим плазмы корональных образований. Корональные дыры (КД) — области короны пониженных плотности и температуры вещества — относятся к низкотемпературному домену корональной плазмы и делятся на 2 суб-домена: корональные дыры спокойного Солнца (главным образом, полярные КД с

($T_e \sim 0.6 - 1.0 MK$) КД активного Солнца ($T_e \sim 1.0 - 1.5 MK$), образующиеся в эпохи высокой активности между активными областями и их скоплениями, как правило, на средних и экваториальных гелиоширотах. Оба вида КД характеризуются открытыми конфигурациями магнитных полей и являются источниками высокоскоростных потоков солнечного ветра.

В докладе вопрос о том, как формируются открытые магнитные конфигурации в эпохи низкой и высокой активности Солнца, рассматривается на основе данных наблюдений короны в 23-м цикле активности: XUV-изображений Солнца на *Yohkoh* и *SOHO/EIT*, магнитограмм полного диска *MDI/SOHO* и обсерватории Китт Пик, а также карт корональных дыр обс. Китт Пик. Показано, что полярные КД периодов спокойного Солнца ассоциируются с полюсами глобального магнитного диполя, ось которого в эти эпохи совпадает с осью вращения Солнца. Открытые магнитные конфигурации на средних и низких гелиоширотах, ответственные за КД активного Солнца, обусловлены полями активных областей (АО) и формируются на стыках периферийных частей двух или нескольких АО, обращенных друг к другу одноименными полярностями

Глобальные магнитные поля на Солнце в системе «Солнце – Земля»

Обрядко В.Н.

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

Рассмотрена роль крупномасштабных магнитных полей в системе Солнце – Земля. В историческом аспекте рассмотрена эволюция наших представлений о влиянии солнечного магнитного поля на условия в гелиосфере. Показана роль глобальных магнитных полей в организации солнечной активности, их влияние на климат Земли. Показано, что магнитный момент диполя Солнца обнаруживает тенденцию к уменьшению, что может быть предвестником последовательности невысоких циклов. Рассмотрены характеристики меридионального дрейфа и его роль в генерации крупномасштабных полей. Рассмотрена связь между яркостью корональных дыр и скоростью солнечного ветра. Дана информация о связи структуры крупномасштабного поля с гелиосейсмологическими данными о вращении Солнца.

Связь контраста корональных дыр с характеристиками солнечного ветра

Обридко В.Н., Шельтинг Б.Д., Аскеров А.Б.

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

²*Шамахинская астрофизическая обсерватория им. Н. Туси НАН Азербайджана, Шамахи (Республика Азербайджан), e-mail: asgarov@gmail.com*

Показано, что контраст корональных дыр, как и их размер, определяют собой скорость истекающих из них потоков. Проведено сопоставление также с другими параметрами солнечного ветра — плотностью, температурой и магнитным полем. В периоды низкой солнечной активности корреляционные связи оказались довольно высокими, пригодными для практического ежедневного прогнозирования. Естественно, корональные выбросы нарушают эти связи в периоды высокой активности.

Reaction of nonlinear system to the weak external forcing as a problem in solar-climatic research

Ogurtsov M.G.^{1,2}, Raspopov O.M.^{4,5}, Oinonen M.³, Jungner H.³

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

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

³*University of Helsinki, Dating Laboratory, Finland*

⁴*SPbF IZMIRAN, St. Petersburg, Russia*

⁵*Polar Geophysical Institute, Murmansk, Russia*

Reaction of nonlinear chaotic system to periodic external forcing and reaction of nonlinear quasiperiodic oscillator to chaotic forcing were analyzed. It was shown that response of non-linear system to very minor external disturbance can be considerable and complicated. That means that if terrestrial climatic system is complex and non-linear the weak solar and cosmophysical forcing might result in substantial variation of climate, which time behavior, however, could be rather different from that of initial solar-cosmic cause. Thus usual statistical methods of search for solar-climate link, based on estimation of linear correlation, might be unproductive.

Долготная неоднородность магнитной активности Солнца в модуляции космических лучей

Олемской С.В., Мордвинов А.В.

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

Галактические космические лучи (ГКЛ), регистрируемые нейтронными мониторами на Земле, находятся под сильным гелиосферным влиянием, т.е. подвержены «солнечной модуляции». Установлена тесная связь вариаций космических лучей с различными индексами солнечной активности [1] и параметрами межпланетного магнитного поля [2].

В спектрах мощности вариаций интенсивности ГКЛ практически постоянно выделяются пики в интервале периодов от 20 до 40 сут, наибольшие из которых концентрируются вблизи 27 сут. Существование рекуррентной вариации означает, что в гелиосфере в течение длительного времени сохраняется крупномасштабная неоднородность магнитного поля по гелиодолготе, которая формирует азимутальный градиент космических лучей. Возникновение устойчивой неоднородности крупномасштабного магнитного поля по гелиодолготе связано с активными долготами в пятнообразовательной деятельности Солнца. В эпохи максимумов активности дополнительный вклад в распределение магнитного поля по долготе дает глобальный диполь, ось которого лежит вблизи плоскости экватора [3].

В работе рассматривается долготная неоднородность общего магнитного поля Солнца как звезды и её проявление в межпланетном магнитном поле. Установлено, что долготная неоднородность общего магнитного поля Солнца, с дипольным распределением полярностей по гелиодолготе, является источником 27-дневных вариаций галактических космических лучей. Амплитуда 27-суточных вариаций общего магнитного поля, формирующих его двухсекторную структуру, составляет около 15 мкТл в максимуме солнечной активности.

- [1] Базилевская Г.А., Сладкова А.И. // Геомагнетизм и аэрономия, 1996, т.36, № 34, с.25.
- [2] Белов А.В. // Астрономический вестник, 2000, т.34, № 2, с.158.
- [3] Лившиц И.М., Обридко В.Н. // Астрономический журнал, 2006, т.83, № 11, с.1031.

Диагностика причинно-следственной связи между временными рядами солнечной и геомагнитной активности методами символической динамики

Опошнян О.Л.¹, Понявин Д.И.¹, Макаренко Н.Г.²

¹ *Институт Физики СПбГУ, С.-Петербург,
e-mail: karina2383@gmail.com*

² *ГАО РАН, Пулковое, С.-Петербург, e-mail: ng-makar@mail.ru*

В работе диагностируется причинно-следственная связь между временными рядами геомагнитного индекса Аа и чисел Вольфа за период с 1868 по 2007 год. Идея предлагаемого метода заключается в исследовании статистики слов, полученных из отсчетов ряда с помощью отношения порядка (больше или меньше). Метод тестировался на известной модели двух связанных логистических отображений. В качестве альтернативы, связь между рядами индексов тестировалась методом Грэйнджера.

Аналитическое описание движения нерелятивистских заряженных частиц в пересоединяющем токовом слое

Орешина А.В., Сомов Б.В.

*Государственный астрономический институт
имени П.К. Штернберга, Москва, e-mail: avo@sai.msu.ru*

Исследуется движение заряженных частиц в пересоединяющем токовом слое с неоднородным трёхкомпонентным магнитным полем. Получено аналитическое решение уравнения движения ведущего центра орбиты частицы с ненулевыми начальными данными. Решение описывает как устойчивые трёхмерные траектории, на которых частицы длительное время остаются в слое, так и неустойчивые, по которым частицы быстро покидают слой. Найдено аналитическое выражение для области значений входных параметров, при которых траектории частиц устойчивы. Дается физическая интерпретация процессов, влияющих на формирование устойчивых траекторий. Показано, что частицы с противоположными знаками заряда локализуются преимущественно в разных четвертях токового слоя; степень разделения зарядов пропорциональна величине продольного магнитного поля. Получена аналитическая оценка энергии частиц на устойчивых и неустойчивых траекториях. Проводится сравнительная оценка результатов, полученных численными и аналитическими методами. Оценивается область применимости предлагаемого метода.

**Эволюция фотосферного магнитного поля
и корональные нулевые точки перед солнечными
вспышками**

Орешина И.В., Сомов Б.В.

*Государственный астрономический институт
имени П.К. Штернберга, Москва, e-mail: ivo@sai.msu.ru*

На основе топологической модели магнитного поля активных областей предложен критерий существования нулевых точек в короне. Как известно, такие точки являются важной топологической особенностью АО, в них реализуются наиболее благоприятные условия для пересоединения. Для некоторых моделей эруптивных событий существование нулевых точек в короне играет ключевую роль. Преимущество предложенного метода заключается в том, что он позволяет обнаруживать нулевые точки, расположенные на сепараторах, т.е. там, где магнитная энергия накапливается перед вспышкой и преобразуется в энергию вспышки.

Показано, что существует параметр топологической модели, который позволяет судить о величине продольного поля вдоль сепаратора, т.е. об условиях пересоединения. Чем меньше его величина, тем лучше условия для магнитного пересоединения.

Для примера рассмотрена эволюция АО NOAA 9077 за два дня до Бастильской вспышки. Нулевых точек в короне в этой АО не обнаружено, но показано, что с точки зрения магнитного пересоединения условия в короне перед вспышкой улучшились на обоих сепараторах, что и привело к вспышке.

**Некоторые пространственные особенности
долгопериодических колебаний лучевых скоростей
в пятне и около него**

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

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

Используя материалы, полученные на космическом аппарате SOHO (MDI),

рассмотрены пространственные особенности долгопериодических колебаний скорости в зонах их возбуждения в пятне и около него. Показано, что в зонах возбуждения колебания синхронизованы с коэффициентом корреляции достигающим значений ~ 0.9 , в то время как вне зон возбуждения он мал. Это подтверждает тот факт, что магнитные структуры пятна

и связанные с ним околотенные области возбуждения колеблются как целое образование.

Так же, обработаны длительные серии наблюдений колебаний лучевых скоростей, выполненные в ГАО РАН на телескопе АЦУ-5. Получена высотная зависимость коэффициента корреляции между двумя модами колебаний (5-мин и 80-мин) из которой следует, что физическая природа их различна и что низкочастотная мода обусловлена присутствием магнитного поля в области возбуждения.

Трехмерное МГД моделирование положения токовых слоев в предвспышечном состоянии.

Подгорный А.И.

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

Первичное освобождение энергии солнечной вспышки происходит при диссипации магнитного поля токового слоя (ТС), который образуется в окрестности особой линии в короне. Для МГД моделирования накопления энергии в реальной активной области все условия берутся из наблюдательных данных. Начальное магнитное поле задается за несколько дней перед вспышкой, когда токи в короне практически отсутствуют. Используются наблюдаемые на фотосфере распределения компоненты магнитного поля вдоль луча зрения, полученные на SOHO MDI. Для этой цели разработан метод численного решения уравнения Лапласа с наклонной производной в качестве граничного условия. Для стабилизации неустойчивостей, возникающих вблизи границы, разработан ряд численных методов и реализован в программе ПЕРЕСВЕТ. Расчеты показали, что используемые методы позволяют получить устойчивое решение вблизи нефотосферной границы, если размер фотосферной границы расчетной области в несколько раз больше размера активной области. Ранние расчеты для активной области АО 0365 показали появление такой неустойчивости для размера фотосферной границы расчетной области равного 1.2×10^{10} см. Расчет для активной области 4×10^{10} см показал отсутствие неустойчивости вблизи нефотосферной границы. МГД моделирование в течение трех дней показали появление нескольких ТС в окрестностях особых линий. Необходимо подчеркнуть, что при всплывании нового потока, сопровождающемся образованием токовых слоев в окрестностях уже существующих особых линий, могут появляться новые особые линии. Новые ТС возникают в их окрестности. Каждый из образовавшихся ТС может быть ответственным за возникновение элементарной вспышки, что объясняет появление

серии вспышек. Выполненное моделирование показало возможность дальнейшей модернизации численных методов для ускорения вычислений, что позволит улучшить качество прогноза солнечных вспышек и выбросов массы.

Жесткие излучения солнечной вспышки – новые наблюдательные данные и их объяснение.

Подгорный И.М.

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

Принципиально новая информация о физике солнечной вспышки была получена в последние годы на космических аппаратах, регистрирующих спектры и положения источников рентгеновского излучения. Степенной спектр жесткого рентгеновского излучения из поверхности Солнца образуется при торможении на поверхности Солнца пучков быстрых электронов, которые ускоряются в продольных токах, вызванных электрическим полем Холла. Используя мировую сеть нейтронных мониторов, Э. В. Вашенюком получены принципиально новые данные о динамике спектров релятивистских протонов, сопровождающих вспышку. Вся сеть нейтронных мониторов работает как единый энергоанализатор. Обнаружены две компоненты солнечных космических лучей (быстрая и запаздывающая на десятки минут) в интервале энергии до 20 GeV. Быстрая компонента генерируется в момент максимума вспышки и несет информацию о наиболее энергичных процессах вспышки. Теоретический анализ и численные эксперименты показали, что ее экспоненциальный спектр $dI/dE \sim \exp(-E/E_0)$ с $E_0 \sim 0.5$ GeV определяется ускорением полем Лоренца вдоль особой линии токового слоя. Аналогичный эффект наблюдался в термоядерном эксперименте с мощным импульсным разрядом. Запаздывающая компонента имеет степенной спектр $dI/dE \sim E^{-\gamma}$ с $\gamma \sim 5$. Обсуждается возможный механизм формирования такого спектра.

Тренды солнечной и геомагнитной активности

Понявин Д.И.

*Институт Физики, Санкт-Петербургский Госуниверситет,
Санкт-Петербург, e-mail: dronyavin@mail.ru*

Геомагнитная активность контролируется солнечным ветром и межпланетным магнитным полем, вариации которых определяются в свою очередь структурой и организацией крупномасштабных магнитных полей на Солнце. Крупномасштабные магнитные поля эволюционируют в цикле солнечной активности и связаны с интенсивными мелкомасштабными магнитными полями, проявляемые на Солнце в виде солнечных пятен. Тем самым ряды геомагнитной активности дополняют информацию о пространственно распределенной динамической системе на Солнце, ответственной за вариации солнечной цикличности. Исторические ряды геомагнитных индексов представляют собой уникальную возможность анализировать поведение солнечной активности в прошлом в дополнение к наблюдениям солнечных пятен. Имеющиеся с 1841 г. геомагнитные данные были проанализированы на наличие долговременных трендов. Результаты сопоставлены с аналогичными трендами по солнечным пятнам. Установлены общие тенденции и отличия поведения солнечной и геомагнитной активности на декадных и вековых масштабах времени. Проблема «удвоения» магнитного поля в солнечной короне в 20-м веке и уникальность переживаемого в настоящее время момента обсуждается в данной работе.

Магнитная спиральность динамо Паркера

Попова Е.П.

*Московский Государственный университет, Физический
факультет, Москва*

Построена бабтерфляй-диаграмма для токовой спиральности в нескольких приближениях, входящих в подход Паркера. Эти диаграммы построены как для случая эффективной генерации магнитного поля (больших динамо-чисел), так и для слабой (малые динамо-числа). В первом случае используется соответствующее асимптотическое решение уравнений солнечного динамо. С помощью этого решения исследовано, как на вид бабтерфляй-диаграмм влияет меридиональная циркуляция. В докладе обсуждаются, какие черты бабтерфляй-диаграмм оказываются общими во всех этих приближениях. Эти устойчивые черты можно надеяться сравнить с наблюдательными данными.

Выбросы вещества из стримеров в минимуме и максимуме солнечной активности

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

*Государственный Астрономический институт им. П. К.
Штернберга, Москва, e-mail: galina-porfirieva@yandex.ru,
e-mail: yakunina@sai.msu.ru*

Представлен краткий обзор характеристик истечения вещества из области стримеров на основе анализа наблюдений в белом свете и УФ-области спектра на инструментах C2 и C3 LASCO, UVCS и EIT SOHO.

Рассмотрены различные типы событий, такие как выбросы в виде облаков плазмы вытянутой формы с поперечными сечениями $\sim 0.1 R_{\odot}$ и длиной $\sim 1 R_{\odot}$ («blobs»), прослеживаемые вдоль оси стримеров до расстояний $20-30 R_{\odot}$, отделение стримеров как целого (streamer ejection), выбросы образований размытой формы из периферии стримера, истечение плазмы из центральных и краевых областей стримера. Проанализированы динамические характеристики ускользящей плазмы в различные периоды солнечной активности.

Скорости изменяются от десятков км/с на близких гелиоцентрических расстояниях до $300-400$ км/с на $25-30 R_{\odot}$. Проблема истечения вещества из стримеров связана с проблемой возникновения и ускорения медленного солнечного ветра. Используются результаты научных публикаций и Интернета.

О связи микроволнового излучения мощных солнечных вспышек с геомагнитной активностью

Прокудина В.С.¹, Ермолаев Ю.И.²

*¹Государственный Астрономический Институт им.
П.К.Штернберга, МГУ, Москва, e-mail: prok@sai.msu.ru*

*²Институт Космических Исследований РАН, Москва,
e-mail: Yermol@iki.rssi.ru*

Анализируются всплески микроволнового радиоизлучения на частоте 15 ГГц от солнечных вспышек. Отобраны события со значениями потока $R_{\max} > 1000$ ед. за период $1997-2005$ гг. Как правило, эти вспышки балла X и M сопровождалась СМЕ и всплесками II, III, IV типов в метровом диапазоне и развивались в активных областях со сложной магнитной структурой.

Далее эти события сравнивались с геомагнитной активностью. Сравнение с параметрами Dst и Ap показало, что для вспышек с большими потоками микроволнового радиоизлучения наблюдаются значительные геомагнитные эффекты. Кроме того, для ряда событий анализируются возмущения в солнечном ветре.

Зависимость характеристик ультрафиолетового и микроволнового излучений в корональных дырах

Просовецкий Д.В., Просовецкая Н.А.

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

Микроволновые наблюдения показывают значительную дисперсию свойств корональных дыр. Корональные дыры при наблюдениях на разных длинах волн и на одной длине волны могут уверенно выделяться на фоне спокойного Солнца, иметь низкий контраст относительно его уровня, либо быть не различимы совсем. При этом контраст корональных дыр зависит от фазы солнечного цикла, а также от широты (экваториальная, среднеширотная, полярная корональная дыра). Наблюдения с пространственным разрешением на SSRT (5.2 см) и NoRH (1.76 см) показывают наличие особенностей яркостных температур внутри корональных дыр. Некоторые участки корональных дыр могут быть значительно ярче (на 1.76 см) или темнее (на 5.2 см) окружающего фона. При наблюдениях на этих длинах волн корональная дыра может повторять контуры в рентгеновском и ультрафиолетовом излучении, но может наблюдаться лишь участок корональной дыры.

Подобное поведение микроволнового излучения корональных дыр, несомненно, отражает физические условия в них, влияющие на процессы нагрева атмосферы, переноса и диссипации энергии. Особенности микроволнового излучения корональных дыр должны находить отражение в других участках спектра.

В этой работе мы использовали данные наблюдений линии Fe XII 195 Å инструмента EIT на борту спутника SOHO. Для возможности сравнения и получения физических характеристик данные калибровались на уровень освещенности изображений и фона с использованием Solar soft. Сравнивалось пространственное распределение радиояркости микроволнового излучения на 5.2 и 1.76 см и яркости линии Fe XII 195 Å. В этой линии в корональных дырах, обычно, изучается излучение мелко-масштабных магнитных структур — ярких «корональных» точек. Однако,

кроме ярких точек, нами были выявлены особенности фонового ультрафиолетового излучения, совпадающие с особенностями микроволнового излучения. Т.к. яркость линии Fe XII 195 Å линейно зависит от плотности плазмы, было установлено, что электронная концентрация изменялась в исследованных корональных дырах от $2 \cdot 10^7$ до $9 \cdot 10^8$ см⁻³. Данный результат хорошо согласуется с результатами моделирования процесса волнового нагрева атмосферы корональных дыр, в котором уровень диссипации волн определяется плотностью плазмы.

Найдено, что средняя яркость излучения в линии Fe XII 195 Å внутри корональных дыр на диске Солнца может зависеть от периода наблюдений. Так, для исследованных периодов наблюдений корональных дыр в двух последних циклах солнечной активности, средняя яркость отличалась более чем в 2 раза. Яркость ультрафиолетового излучения совпадала с наибольшим и наименьшим контрастом микроволнового излучения. Такая особенность корональных дыр находится в хорошем соответствии с вариацией лучевых скоростей плазмы по солнечному циклу как возможного источника волновых процессов в корональных дырах.

Работа поддержана Программой фундаментальных исследований Президиума Российской академии наук № 16.

Моделирование динамики энергичных электронов в магнитной ловушке на основе уравнения Фоккера-Планка

Пятаков Н.П.^{1,2}, Горбиков С.П.², Мельников В.Ф.²

¹ ГОУ ВПО ННГУ, Н.Новгород, e-mail: nikpyat@mail.ru

² ФГНУ НИРФИ, Н.Новгород, e-mail: meln@nirfi.sci-nnov.ru

С появлением наблюдательной техники с высоким пространственным, временным и спектральным разрешением актуальной стала проблема формирования анизотропных распределений электронов во вспышечных магнитных петлях. К настоящему времени получен ряд наблюдательных свидетельств существования различных анизотропных распределений [1], которые по-разному отражаются на характеристиках микроволнового излучения вспышечной петли [2].

В данной работе на основе численного решения нестационарного уравнения Фоккера-Планка проведено моделирование распределений среднерелятивистских электронов по питч-углу, энергии и расстоянию от центра магнитной ловушки. Учтено отражение от магнитных пробок и наличие кулоновских столкновений, приводящих к рассеиванию по питч-углу и потерям энергии [3]. Предложен алгоритм численного решения, основанный

на применении метода конечных разностей и метода расщепления. Удалось существенно повысить точность решения и уменьшить время счёта по сравнению с алгоритмом, развитым в [4]. Это позволило осуществить расчеты для большей длительности процесса и получить распределения электронов для новых типов функции инжекции.

- [1] Melnikov V.F., Shibasaki K., Reznikova V.E. // *ApJ*, 2002, v.580, p.L185
- [2] Fleishman G.D., Melnikov V.F. // *ApJ*, 2003, v.587, p.823
- [3] Hamilton R., Lu E.T., Petrosian V. // *ApJ*, 1990, v.354, p.726
- [4] Горбиков С.П., Мельников В.Ф. // *Матем. моделирование*, 2007, Т.19, № 2, С.112.

**Прогнозирование солнечной активности на основе
исследования ряда чисел Вольфа посредством
нелинейного регрессионного анализа**

Пятигорский А.Г.¹, Пятигорский Г.А.²

¹ *ГУ «ГГО им. А.И. Войкова», С.-Петербург, e-mail: alex@bk.ru*

² *ФТИ им. А.Ф. Иоффе, С.-Петербург, e-mail: pga.crlab@mail.ioffe.ru*

Данная работа является продолжением и развитием ранее выполненных работ, доложенных на конференциях в ГАО в 1997, 1999, 2003 годах и опубликованных в трудах конференций.

В ней проводится разложение ряда чисел Вольфа месячного разрешения посредством нелинейного регрессионного анализа на сумму волновых пакетов.

В работе используются две независимые модели:

1. Симметричная (наиболее простая) модель. Её параметрами для каждого волнового пакета выступают период несущей частоты, время начала и конца волнового пакета, амплитуда и фаза несущей частоты. При этом формой огибающей волновых пакетов является полусинусоида. Вне интервала «начало-конец» все волновые пакеты равны нулю.

2. Асимметричная (более сложная) модель. Её параметрами для каждого волнового пакета выступают период несущей частоты, время максимума волнового пакета, параметры ширины и асимметрии, а также амплитуда и фаза несущей частоты. При этом формой огибающей волновых пакетов является скошенная гауссиана. Волновые пакеты этой модели имеют бесконечную протяжённость.

В данной работе

1. Анализируется совпадение предыдущего прогноза солнечной активности (2003 год) с реальными данными.
2. Приводится прогноз, выполненный по аналогичной схеме расчёта для чисел Вольфа до 2005 года включительно.
3. Приводится прогноз, выполненный по новой регрессионной схеме для чисел за аналогичный период.
4. Проводится сравнение полученных прогнозов и оценивается их правдоподобность.

Вариации климата на временных шкалах до сотен миллионов лет и их связь с солнечной активностью

*Распопов О.М.^{1,3}, Дергачев В.А.², Огурцов М.Г.^{2,4},
Дмитриев П.Б.², Баткова Л.А.¹, Благовещенская Е.Э.¹,
Козырева О.В.⁵*

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

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

³ Полярный геофизический институт КНЦ РАН, Мурманск, Россия

⁴ Главная (Пулковская) обсерватория РАН, С-Петербург, 196140, Россия

⁵ Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва, Россия

Проанализированы на предмет периодичности климатических процессов уникальные палеоклиматические данные с годичным и декадным временным разрешением (ширина колец деревьев, годичные отложения ленточных глин) во временных интервалах от десятков тысяч до сотен миллионов лет. Выявленные климатические периодичности сопоставлены с солнечными и климатическими периодичностями, регистрируемые в настоящее время.

**Динамика распределения микроволновой яркости
в гигантской вспышечной петле 24 августа 2002**

*Резникова В.Э.¹, Мельников В.Ф.¹, Горбиков С.П.¹,
Пятаков Н.П.¹, Мяжкова И.Н.², Шибасаки К.³*

¹*ФГНУ НИРФИ, Нижний Новгород*

²*НИИЯФ МГУ, Москва*

³*NAOJ, Япония*

По наблюдениям на радиогелиографе Нобеяма на частоте 34 ГГц с высоким пространственным разрешением (5 угл.сек) исследована динамика распределения радиояркости вдоль гигантской вспышечной петли в событии 24 августа 2002 г.

Для каждого из суб-пиков многокомпонентного временного профиля этой вспышки обнаружена аналогичная динамика излучения: каждая новая инжекция нетепловых электронов (фаза роста и пик) связана с уярчением в основаниях (преимущественно южном); после максимума инжекции (фаза спада) излучение постепенно заполняет верхнюю часть петли, а источник в южном основании исчезает. Поскольку для данного лимбового события плоскость петли расположена почти перпендикулярно к лучу зрения, то угол зрения одинаков для всех частей петли и перераспределение яркостной температуры отражает перераспределение излучающих ускоренных электронов вдоль вспышечной петли. Результаты диагностики показывают, что отношение плотности нетепловых электронов в вершине к плотности в основании изменяется в 7 раз от фазы максимума к фазе спада.

Модельные расчеты эволюции пространственного распределения электронов вдоль магнитной петли, сделанные на основе решения уравнения Фоккера-Планка, позволили определить типы инжекции, способные привести к наблюдаемой динамике микроволновой яркости.

**Возможная причина меридионального дрейфа общего
магнитного поля Солнца в магнитном цикле, а также
механизма генерации такого цикла в рамках гипотезы
о двух активных областях в конвективной зоне**

Ривин Ю.Р.

e-mail: Ju_rivin@web.de

Крупномасштабное (общее) магнитное поле Солнца новой полярности появляется в области экватора, а затем дрейфует к полюсу, занимает полярную область; спустя ~ 22 года оно исчезает с полюса, чтобы снова практически одновременно появиться на экваторе. Дрейф поля от экватора к полюсу называют меридиональным. Согласно гипотезе о двух различных по местоположению и физическим свойствам активных областях в конвективной зоне Солнца искомое поле — это поле, которое генерируется в верхней активной области. Высказано предположение, что меридиональный дрейф магнитного поля верхней области создаётся циклическим изменением магнитного поля нижней области.

В рамках гипотезы, по-видимому, приходится отказаться от современных построений механизма генерации основного цикла солнечной активности с $T \approx 22$ года (в основном, динамо), поскольку необходимо учитывать взаимодействие двух областей активности. Возможно, это механизм накачки энергии электромагнитного поля из нижней области конвективной зоны в верхнюю с последующим сбросом энергии в максимуме ~ 11 -летнего цикла. Отсюда период основного цикла верхней области обусловлен, вероятно, временем накачки и сброса энергии из нижней области.

Коррекция гипотезы о двух активных областях внутри конвективной зоны Солнца

Ривин Ю.Р.

e-mail: Ju_rivin@web.de

Гипотеза о существовании двух разных по местоположению и физическим свойствам областей в конвективной зоне Солнца была высказана впервые ~ 10 лет назад [1, 2, 3]. При этом не принималось во внимание влияние областей друг на друга, считалось, что оно малоэффективно. Между тем дальнейшие работы показывают, что это не совсем так. В результате коррекции предполагается, что за счёт нелинейного преобразования основного цикла верхней области (детектирования, механизм которого пока не ясен) его вторая гармоника модулирует нижнюю область. Причем, поскольку в нижней области есть сильное квазипостоянное магнитное поле (несколько килогаусс), ситуация несколько напоминает ситуацию с набеганием солнечного ветра и замороженного в него межпланетного магнитного поля на магнитосферу Земли. В свою очередь, механизм воздействия нижней области на верхнюю связан, по-видимому, с накачкой в верхнюю область энергии нижнего электромагнитного поля.

- [1] Ривин Ю.Р.// Сб. Современные проблемы солнечной активности. СПб. Пулков. ГАО. 1997. С.218.
- [2] Ривин Ю.Р.// Известия РАН. Сер. Физическая. М. Наука. 1998. Т.62. № 6. С.1867.
- [3] Rivin Yu.R.// Solar Physics. 1999. Vol.187. No. 1. P.207.

**Магнитное поле солнечных пятен во второй половине
прошлого века по среднегодовым значениям**

Ривин Ю.Р.

e-mail: Ju_rivin@web.de

Среднегодовые значения магнитных полей солнечных пятен во второй половине прошлого века (1957–1997 гг.) по данным 7 бывших советских астрономических обсерваторий (АО) показывают практическую неизменность величины этих полей ~ 2000 Гс. Высказано мнение, что все отклонения от этого значения в отдельных АО обусловлены случайными или систематическими погрешностями измерений полей и обработки результатов наблюдений. Обсуждены местонахождение области с этим полем, некоторые методические следствия. Указано на возможное существование в этих изменениях ~ 11 -летнего цикла с амплитудой, которая много меньше погрешностей предоставленных данных.

**Основные источники циклических изменений
вспышечных и рекуррентных возмущений
геомагнитного поля внутри конвективной зоны Солнца**

Ривин Ю.Р.

e-mail: Ju_rivin@web.de

История поиска источников двух основных видов геомагнитных возмущений показывает, что до сих пор на протяжении более 100 лет их искали на поверхности фотосферы или вблизи неё (М-области, корональные дыры и другие). Согласно гипотезе о существовании в конвективной зоне двух различных по местоположению и физическим свойствам активных областей высказано мнение, что вспышечная активность формируется в верхней области (область, которая расположена на глубине $\leq 0.2R_{\odot}$ и в которой образуются циклические изменения с $T \approx 22$ года), а рекуррентная — в нижней области (она расположена на глубине $\sim 0.7R_{\odot}$, в ней генерируется ~ 27 -дневная вариация, амплитуда которой модулируется искаженной второй гармоникой основного цикла верхней области). Циклы вспышечной активности с $T \approx 11$ лет коррелированы с циклами чисел Вольфа без сдвига фазы. Циклы рекуррентной активности имеют запаздывание относительно циклов чисел Вольфа на ~ 1 год, в некоторые магнитные циклы различие амплитудной модуляции, возможно, чуть более короткий T .

Наличие только двух видов основных геомагнитных возмущений служит независимым подтверждением существования в конвективной зоне всего двух таких областей.

**Метод частных наименьших квадратов для
предсказания вариаций потока релятивистских
электронов в магнитосфере**

Романова Н.В.¹, Пилипенко В.А.¹, Романов А.Н.²

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

² *НИВЦ МГУ, Москва, e-mail: alexey.romanov@list.ru*

Метод частных наименьших квадратов (Partial least squares regression — *PLSR*) используется в задачах моделирования многомерных данных для построения эмпирических моделей с большим числом входов и выходов. Он особенно эффективен в ситуации, когда обучающая выборка содержит пары с высокой корреляцией.

В этой работе представлена модель, построенная с использованием *PLSR*, для описания динамики потоков релятивистских электронов в области геостационарной орбиты для интервала времени 1994–2001 гг. Входными параметрами служили среднечасовые значения геомагнитных индексов (*Dst*, *Kp*, *ULF* и др.) с учетом их изменений за предшествующие трое суток. Выходным параметром являлись вариации потока электронов с энергией > 2 МэВ. Таким образом, предиктор учитывал как сами факторы космической погоды, так и предысторию их изменений. Помимо задачи предсказания, метод *PLSR* позволяет оценить значимость вклада каждого из входных параметров в выходной. Это дает возможность интерпретировать полученные результаты с точки зрения процессов, происходящих в солнечном ветре и магнитосфере.

Мы рассматриваем два варианта модели. В первом из них используются входные переменные, измеренные только внутри магнитосферы (геомагнитные индексы). Второй вариант предусматривает использование входных параметров, измеряемых как внутри магнитосферы, так и в солнечном ветре (параметры солнечного ветра и ММП). Показано, что для обоих вариантов качество предсказания потока электронов высоко. Модель хорошо описывает экстремальные увеличения потока релятивистских электронов, что необходимо для предупреждения нарушений в работе аппаратуры космических аппаратов. Корреляция предсказанного потока электронов с измеренным потоком (часовые значения) варьируется от 0.6 до 0.7 для разных лет.

Сравнительный анализ трёх длительно наблюдаемых индексов пятнообразования

Сарычев А.П., Рощина Е.М

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

Исследуются наблюдаемые индексы пятнообразования на Солнце: R_z – относительное число пятен; R_g – нормированное число групп пятен; A – суммарная площадь пятен. Получены 6 эмпирических формул, описывающих взаимосвязи этих индексов после 1908 г. Взаимосвязь числа групп пятен R_g с их суммарной площадью A имеет вид степенной функции. Аналогична связь между R_z и A , а также между R_z и R_g . Однако в двух последних случаях множитель перед степенной функцией зависит от векового цикла солнечной активности. Ранее 1908 г. наблюдаются систематические отклонения от формул, которые можно объяснить систематическими ошибками индексов. В интервале 1874–1880 г. сомнительными признаны гринвичские данные о суммарной площади A и числе групп пятен. Ошибочность данных в начале гринвичского ряда должна исказить абсолютную величину индекса R_g на протяжении XVII–XIX веков. По-видимому, ряд индекса R_g Хойта–Шаттена менее надёжен, чем известный ряд R_z чисел Вольфа.

Солнечное динамо: знаем ли мы что-нибудь и что мы хотели бы узнать?

Соколов Д.Д.

Московский государственный университет

Стандартная схема для объяснения солнечного цикла была предложена в 1955 г. Паркером. Согласно этой схеме природа солнечного цикла связана с генерацией где-то в глубине конвективной зоны волны магнитного поля. Происхождение этой волны связано с совместным действием дифференциального вращения и т.н. альфа-эффекта, который в свою очередь вызывается действием силы Кориолиса на вращающуюся конвективную среду, что приводит к нарушению зеркальной симметрии конвекции. Несмотря на то, что изучению этого механизма и сопоставлению его с данными о солнечной и звездной активности посвящены сотни работ, многие его черты остаются малоисследованными. В докладе делается попытка разделить то, что в теории солнечного динамо можно считать до некоторой степени установленным, от того, что находится в области предварительных гипотез.

Тороидальное магнитное поле по данным о группах пятен, нарушающих правило полярности Хейла

Соколов Д.Д.¹, Хлыстова А.И.²

¹*МГУ, Москва, e-mail: sokoloff@dds.srcc.msu.su*

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

Рассматривается широтно-временное распределение групп солнечных пятен, нарушающих правило полярности Хейла, в 1988-2004. Это распределение обнаруживает циклическое поведение, подобное общему 11-летнему циклу активности солнечных пятен. По относительному числу групп-нарушителей получена оценка отношения флуктуационной и регулярной составляющих тороидального магнитного поля в основании конвективной зоны.

Magnetic structure, equilibrium and low-frequency eigen oscillations of sunspot

Soloviev A.A.

Central astronomical observatory at Pulkovo, RAS

The magnetic structure of round unipolar sunspot, the equilibrium, stability and low-frequency oscillations of the system are analyzed in context of modern local helioseismology data. The distribution of temperature and gas flows under sunspot obtained by local helioseismology methods allows to derive unambiguously the sign of horizontal difference of gas pressures between the spot and its surrounding at depths of 4 Mm and more. In Parker's model of sunspot the lateral balance of pressures can not be realized: the cluster of powerful, strongly compressed magnetic flux tubes embedded in gas, much hotter compare to surrounding, with radial divergence of flows, can not be equilibrated against the lateral expansion. The equilibrium of the system in the hot zone under the sunspot can be reached only for the magnetic flux tube sharply expanded downwards, starting with depth about 4 Mm. Respectively, the magnetic field in the tube drops quickly at depths more then 4 Mm. It corresponds to the "shallow sunspot" model, proposed by author in 1984 and successfully used now for theoretical interpretation of long-term eigen oscillations of sunspots. Some possible modifications of the sunspot model are discussed in details.

Длительное нетепловое излучение солнечных вспышек и эффект Нойперта

Струминский А.Б., Зимовец И.В.

Институт космических исследований РАН

Проанализированы наблюдения жесткого (ACS SPI, >150 кэВ) и мягкого (GOES, 1-8 Å) рентгеновского излучения, а также микроволнового излучения (15.5 ГГц) в солнечных вспышках 7 сентября 2005 года, 6 и 13 декабря 2006 года. Временные профили нетеплового излучения этих вспышек имели сложную структуру, что свидетельствовало о продолжении активных процессов в области вспышки длительное время (более часа). В первых двух событиях эффект Нойперта выполнялся в момент самого мощного пика нетеплового излучения, но не на фазе спада интенсивности мягкого рентгеновского излучения, когда его интенсивность намного превышала фоновые значения. При этом жесткое рентгеновское излучение было подавлено по сравнению с основным пиком, хотя микроволновое излучение оставалось примерно на том же уровне. В событии 13 декабря 2006 года наблюдения жесткого длительного рентгеновского излучения было затруднено из-за быстрого прихода солнечных протонов, но эффект Нойперта не выполнялся и для его основного пика. При сопоставимых интенсивностях микроволнового излучения 6 и 13 декабря, интенсивность жесткого рентгеновского излучения 13 декабря в момент основного пика была подавлена примерно на порядок. Эти наблюдательные факты свидетельствуют о нескольких эпизодах ускорения и взаимодействия частиц в различных физических условиях во время одной вспышки. В те моменты времени, когда не выполняется эффект Нойперта, взаимодействия электронов происходило преимущественно в среде с малой плотностью. Возможно, именно тогда происходит эффективный выход ускоренных частиц в межпланетное пространство, а не их выпадение в плотные слои солнечной атмосферы.

**Создание атласа H_α синоптических карт Солнца
в цифровом формате за период 1914-2007**

***Тавастшерна К.С.¹, Сивараман К.Р.², Степанова Т.А.¹,
Поляков Е.В.¹***

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

²*Indian Institute of Astrophysics, Bangalore-560 034, India,
e-mail: kr_sivaraman@yahoo.com*

В 1973-1978 гг. В.И. Макаров на основе наблюдений Солнца с высоким пространственным разрешением на Большом внезатменном коронографе Кисловодской горной астрономической станции ГАО РАН разработал методику Мак-Интоша построения H_α синоптических карт Солнца. Позже этот метод был им использован для создания атласов H_α карт на основе синоптических карт Медонской обсерватории (Франция), дополненных ежедневными данными о протуберанцах обсерватории Кодайканал (Индия) за период 1904-1964 гг. В дальнейшем часть карт с бумажной основы была переведена в электронную форму. Обработка исходного материала выполнялась в ручном режиме — снимались положения нейтральных линий в гелиографических координатах, после чего для контроля и иллюстрации карты восстанавливались по табличным данным путем компьютерной визуализации. В настоящее время H_α карты (1914-1964 гг.) изданы в виде атласов и цифровых данных, электронный вариант размещен на сайте ГАО. Продолжается ручная обработка карт периода 1964-1979 годов, опубликованных Мак-Интошем и в журналах Solar-Geophysical Data.

Начата обработка остального (период 1979-2007) материала — H_α карт, построенных на Кисловодской станции, в автоматическом режиме на основе разработанных авторами программных средств распознавания изображений карт. С точки зрения алгоритма карты представляют собой совокупность векторных графических объектов — кривых линий, отрезков прямых, штрихов, буквенно-цифровых элементов. Эти объекты отыскиваются в поле карты, распознаются, классифицируются, определяются их графические и затем гелиографические координаты. В комплексе с реализованными ранее алгоритмами генерации таблиц и синтеза изображений представляемый пакет программ позволит завершить построение электронного атласа H_α синоптических карт Солнца.

Свойства полярных циклов активности

Тлатов А.Г.

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

На основе данных наблюдений полярных факелов обсерватории Mitaka (Япония) за период 1951–1998 гг и ярких кальциевых точек по наблюдениям в линии CaIIК за период с 1907–1999 гг. изучены свойства полярных циклов активности. В частности показано, что высокоширотные полярные факелы и яркие кальциевые точки имеют существенную корреляцию с амплитудой следующего цикла солнечных пятен. Между амплитудой и длительностью полярных циклов, также как и для циклов солнечных пятен, существует обратная зависимость, а именно высокие циклы имеют меньшую длительность. Это свидетельствует в пользу гипотезы, что полярные циклы и солнечные пятна являются единым процессом. Найдены соотношения между интервалом времени наступления максимума полярных циклов и циклов пятен и амплитудой циклов пятен. Полученные соотношения позволяют по амплитуде и моменту наступления максимума полярных циклов провести оценку амплитуды и момента наступления максимума циклов солнечных пятен.

Вариации активности Солнца по данным столетних наблюдений в линии CaIIК

Тлатов А.Г.¹, Pevtsov A.², Singh J.³

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

²*NSO Sacramento Peak, USA*

³*Indian Institute of Astrophysics, Koramangala, Bangalore, India*

Представлен анализ данных синоптических наблюдений на спектрогелиографах в линии кальция мировой сети солнечных обсерваторий. В архив включены ежедневные данные наблюдений обсерватории Kodaikanal 1907–1999, Mount Wilson 1915–1985, NSO-Sacramento Peak 1963–2002. Проведен анализ распределения площади, координат и яркости кальциевых факельных площадок, хромосферной сетки и эфемерных точек. Анализ включал процедуру калибровки изображений, основанный на учете интенсивности рассеянного света и определения характеристики фотопластинок. Обсуждается связь между активностью солнечных пятен, площадь факельных флоккул.

Нерадиальное распространение корональных стримеров в солнечном цикле

Тлатов А.Г.¹, Васильева В.В.¹, Callebaut D.K.²

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

²*Physics Dept., CDE, University of Antwerp, B-2610 Antwerp, Belgium*

На основе анализа ежедневных данных наблюдений SOHO/LASCO за период 1996–2008 гг. и обработки затменных наблюдений короны проведен анализ нерадиального распространения корональных стримеров. Показано, что угол отклонения корональных стримеров от радиального распространения достигает наибольшей величины в эпоху минимума активности, при этом стримеры отклонены в направлении экватора. В минимуме перед 24-м циклом активности средний угол нерадиальности лучей был значительно меньше, чем перед 23-м циклом, что вероятно обусловлено относительным изменением глобального магнитного поля Солнца. Разработаны аналитические модели нерадиального распространения корональных стримеров, на основе потенциального и непотенциального приближения. Угол наклона стримеров может являться индикатором напряженности полярного магнитного поля в эпоху минимума солнечной активности.

Формирование токовых петель вблизи солнечных пятен

Тлатов А.Г.¹, Васильева В.В.¹, Веселовский И.С.²

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

²*НИИЯФ МГУ*

Рассмотрены условия формирования системы токовых петель вблизи солнечных пятен. В модели принято, что токовые петли над фотосферой являются продолжением соленоидальных токов, охватывающих магнитное поле пятен. Характерный поперечный размер токовых петель определяется критерием устойчивости токовых трубок в продольном магнитном поле. Индуктивность токовой системы, состоящей из соленоидального подфотосферного тока и токовых петель над фотосферой, обеспечивает достаточный запас энергии магнитного поля для развития солнечных вспышек, происходящих вследствие разрыва токовых петель над фотосферой. Приведенные оценки собственных частот колебаний, возникающих в токовом контуре, включающем как корональные токовые петли, так и подфотосферный ток, показывают, что они могут быть ответственны за долгопериодные колебания.

**Корона над крупным одиночным пятном
по наблюдениям на микроволнах
(АО NOAA 10105, сентябрь 2002 г.)**

Топчило Н.А.¹, Петерова Н.Г.², Борисевич Т.П.³

¹СПбГУ, Санкт-Петербург, e-mail: top@astro.spbu.ru

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

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

По наблюдениям в микроволновом диапазоне исследована атмосфера Солнца над крупным одиночным пятном правильной формы с диаметром полутени ~ 80 угл. сек. С целью поиска особенностей тонкой пространственной и спектральной структуры источников S-компоненты радиоизлучения Солнца произведен анализ R и L составляющих излучения. Данные двумерных изображений Солнца по наблюдениям на NoRH и ССРТ демонстрируют сильное отличие изображения на волне 1.76 см от изображения на волне 5.2 см, что может характеризовать принципиально разную структуру атмосферы Солнца над пятном в области нижней и верхней короны. В нижней короне (на волне 1.76 см) имеет место высокий градиент температуры, причем в о-моде излучения температура над пятном ниже температуры фонового излучения спокойного Солнца, в следствие чего источник выглядит темным. В верхней короне (на волне 5.2 см) исчезают детали тонкой структуры изображения и существенно падает градиент температуры. Указанные различия отмечаются весь период наблюдений в течение 8 дней. По данным наблюдений на РАТАН-600 перестройка короны происходила в диапазоне 2.32–2.67 см, что соответствует магнитному полю 2.0–2.3 КГс. В рамках дипольной модели магнитного поля толщина переходной области (по высоте в короне) не превышала 500 км. Раздел между верхней и нижней короной над пятном находился на высоте ~ 3 тыс. км.

Диагностика короны по наблюдениям в радиодиапазоне в случае АО NOAA 10105 приводит к выводу, что горячая корона над пятнами ($T_e \sim 2 - 4$ МК) может «опускаться» очень низко — до высот $\sim 1 - 2$ тыс. км. Однако ее содержание недостаточно, чтобы обеспечить $\tau \sim 1$ для генерации циклотронного излучения в микроволновом диапазоне на волнах короче 2.7 см.

Представление данных РАТАН-600 в сети Интернет

Тохчукова С.Х.

*Санкт-Петербургский филиал Специальной астрофизической
обсерватории РАН, e-mail: stokh@mail.ru*

В настоящее время эффективное использование наблюдательных данных какого-либо инструмента невозможно без надлежащего представления этих данных в сети Интернет. Способы представления данных все время развиваются, приближаясь по своим возможностям к оффлайн-вым программам обработки данных, а по некоторым возможностям даже превосходя их. Так, современные веб-технологии позволяют виртуально объединить множество баз данных различных инструментов, в разных диапазонах, и через единый веб-интерфейс сопоставлять и анализировать эти данные.

Для представления данных наблюдений Солнца на спектрально-поляризационном комплексе высокого разрешения РАТАН-600 нами развивается информационный ресурс [1] (<http://www.spbf.sao.ru>), который обеспечивает доступ к солнечным данным РАТАН-600, и предоставляет программные средства для анализа данных, автоматизировано выполняя в режиме реального времени следующие операции (по состоянию на текущий момент):

- Автоматизированный перенос данных с телескопа на сервер (через промежуточный сервер в Н. Архызе);
- Автоматическая первичная обработка данных (удаление помех и шумов, отфильтровка неработающих каналов, вычитание уровня неба, преобразование параметров Стокса $R&L \rightarrow I&V$, калибровка);
- Интерактивный поиск в базе данных по дате, азимуту, времени наблюдения;
- Анализ данных, включающий в себя разнообразные способы визуализации данных, с предварительной первичной обработкой, с возможностью скачать полученный результат в FITS формате для дальнейшего исследования в оффлайне или в GIF формате для использования в публикации;
- Сопоставление (наложение скана на двумерное изображение) с данными Нобеяма, ССРТ, SOHO на ближайший момент времени;
- Получение графиков спектров антенной температуры I и V заданной точки на скане;
- Автоматическое выделение локальных источников, их гаусс-анализ, вывод полученных параметров локальных источников в табличном виде;

- Вычитание уровня спокойного Солнца путем вписывания нижней огибающей;
- Веб-интерфейс для расчета диаграммы направленности РАТАН-600 в режиме наблюдений ЮГ+Плоский;
- Веб-интерфейс для просмотра необработанных данных, с целью контроля их качества.

Таким образом, все рутинные операции, требующие тем не менее немалой квалификации, могут быть выполнены исследователем непосредственно на сайте, за значительно более короткое время, чем это требуется для выполнения аналогичных операций в программе обработки в оффлайне. Разработанные программные средства значительно облегчают использование данных РАТАН-600, который является уникальным инструментом для диагностики параметров солнечной плазмы, сочетая в себе, при умеренном пространственном разрешении (по сравнению с другими крупнейшими радиотелескопами- радиогелиографами), более высокую чувствительность, высокое спектральное разрешение в широком микроволновом диапазоне, и высокую точность измерения поляризации, что позволяет регистрировать относительно небольшие изменения магнитных полей на уровнях хромосферы и нижней короны. Автоматизированная диагностика магнитного поля, и других параметров плазмы на этих уровнях является предпосылкой для реализации задачи автоматизированного прогноза солнечной активности, на основе предвспышечных признаков, наблюдаемых в радиодиапазоне [2].

- [1] Тохчукова С.Х., Кальтман Т.И., Модин Е.В., Котельников В.С.//Труды всероссийской астрономической конференции «Космические рубежи XXI века» (ВАК 2007), Казанский государственный университет, 2007, с.155-157
- [2] В.М. Богод, С.Х. Тохчукова // ПАЖ, 2003/4, с.11

**Исследование процессов в области солнечной вспышки
для пяти событий методом анализа
их гамма-излучения в линиях**

Троицкая Е.В.

*НИИ ядерной физики МГУ им. Д.В. Скобелъцына, Москва,
e-mail: troi@dec1.sinp.msu.ru*

Ранее в НИИЯФ МГУ был предложен метод исследования плотности плазмы в процессе солнечной вспышки и спектра ускоренных частиц по гамма-излучению в линии 2.223 МэВ от захвата вторичных нейтронов водородом и линиях высвечивания возбужденных уровней ядер С-12 и О-16 [1]. При помощи этой методики промоделированы временные профили гамма-излучения в линии 2.223 МэВ для событий 22 марта 1991, 6 ноября 1997, 16 декабря 1988, 28 октября 2003 и 20 января 2005. В первых 4-х случаях были найдены удовлетворительные аппроксимации наблюдательных данных теоретически рассчитанными моделями. Было обнаружено, что плотность солнечной атмосферы во время вспышки изменяется более круто, чем в рамках модели спокойного Солнца, и достигает более высоких значений либо в фотосфере, либо в подфотосферных слоях. В случае событий 16 декабря 1988 и 28 октября 2003 оценены также спектральные индексы ускоренных в процессе вспышки заряженных частиц, а также показано, что энергетический спектр частиц ужестчается со временем.

В случае же события 20 января 2005 моделирование с достаточной точностью оказывается невозможным в рамках ранее использовавшихся предположений о свойствах солнечной атмосферы, характере ядерных реакций и начальных характеристиках потоков нейтронов. Наблюдается дефицит реальных потоков гамма-излучения на фазе спада по сравнению с моделирующими. Мы рассматриваем различные возможности объяснения этого эффекта применительно к данной вспышке: повышенное содержание изотопа He-3 в области протекания ядерных реакций, другие модели плотности атмосферы, веерообразное начальное угловое распределение нейтронов, неучастие некоторой доли нейтронов в формировании гамма-линии с энергией 2.223 МэВ. Наибольший интерес представляет при этом повышенное содержание He-3, поскольку в этом же событии впервые зарегистрировано гамма-излучение в диапазоне 15-21 МэВ, значительная доля которого может объясняться реакцией радиационного поглощения нейтрона гелием-3 с испусканием гамма-кванта с энергией 20.58 МэВ [2].

- [1] Кужевский Б.М., Мирошниченко Л.И., Троицкая Е.В. // *Астрономич. журнал*, 2005, т.82, № 7, с.637.

- [2] Troitskaya E., Arkhangelskaja I., Miroschnichenko L., Arkhangelsky. Proc.of SEE 2007, Athens, Greece, 2007: in press, 2007.

Вариации E-W асимметрии в монохроматической короне Солнца

Тягун Н.Ф.

*ИСЗФ СО РАН, 6640333, Иркутск, Лермонтова, 126а,
e-mail: ntyagun@iszf.irk.ru*

E-W асимметрия исследована на материале наблюдений службы короны в зеленой линии за 1946–2000 гг. Основу составляют наблюдения Кисловодской станции. Основной результат: в среднем практически в течение всего указанного времени проявляется положительная E-W асимметрия, за исключением трёх лет, с 1994 по 1996 гг. Временные вариации E-W асимметрии для отдельных промежутков времени совпадают с таковыми для вспышек. Сезонный ход E-W асимметрии, обнаруженный ранее в работах М. Треллиса для периода 1947–1958 гг., Н. Тягун и М. Рыбанского для периодов 1965–1976 гг. (наблюдения ст. Ломницкий штит) и Н. Тягун и Г. Хмырова для периода 1965–1983 гг. (данные мировой сети) не подтверждаются. Подтверждаются выводы, сделанные Пайдушаковой (1966 г.) о том, что если E-W асимметрия в короне и существует, то величина её меньше ошибок, вносимых инструментами, изменением атмосферных условий за время наблюдения и различием систем измерений корональной интенсивности на разных обсерваториях.

Наблюдения полярной короны Солнца в красной линии

Тягун Н.Ф.

*ИСЗФ СО РАН, 664033, Иркутск, Лермонтова, 126а,
e-mail: ntyagun@iszf.irk.ru*

Ранее при статистическом исследовании красной корональной линии нами был установлен факт обратной взаимосвязи ширина-интенсивность для этой линии, выполняющийся независимо от широты на Солнце, высоты и активности. В настоящей работе при изучении отдельных случаев наблюдения полярной короны в красной линии обнаружено, что в моменты максимального наклона оси Солнца ($\pm 7^\circ$) наблюдается чёткая прямая связь между ширинами и интенсивностями. Высказывается предположение, что в эти моменты мы наблюдаем преимущественно границы корональных дыр с окружающим пространством, по которым располагаются полярные щётки. Тогда предположение, что истечение ветра происходит не из щёток, а из промежутков между ними, высказываемое исходя из наблюдений в EUV-диапазоне, не оправдывается. Это во-первых. И во-вторых, мы видим подтверждение нашего подхода при интерпретации обратной зависимости ширина-интенсивность для линий излучения в прозрачной атмосфере: форма контура в этом случае отражает прежде всего структурированность по лучу зрения.

Выявление областей предпочтительного образования резких границ мелкомасштабных структур солнечного ветра

Хабарова О.В., Застенкер Г.Н.

*Институт Космических Исследований РАН, Москва,
e-mail: olik3110@list.ru*

На основе измерений потока солнечного ветра с высоким временным разрешением на спутнике Интербол-1 (и с использованием данных других аппаратов) проведено исследование изменчивости резких границ мелкомасштабных структур солнечного ветра. Изучение таких резких границ длительностью от нескольких секунд до нескольких минут важно как для выявления механизмов, действующих в межпланетной среде, так и для анализа и прогнозирования космической погоды, в которой резкие границы структур солнечного ветра играют существенную роль. Эти резкие границы отличаются от межпланетных ударных волн тем, что они «врождены» в окружающий солнечный ветер и представляют собой, главным образом, скачки его плотности.

Анализ большой статистики (несколько тысяч) событий демонстрирует сильную неравномерность распределения по времени этих резких границ – в большинстве случаев наблюдаются одно – два таких события в сутки, однако встречаются дни, когда в измерениях фиксируется наличие до нескольких десятков резких границ в сутки.

Задачей данной работы было выявление факторов, влияющих на появление резких границ структур в солнечном ветре. Показано, что величина скорости или температуры, или параметра «бета» не играют существенной роли, с другой стороны, плотность ветра и ее вариации, а также амплитуда магнитного поля и ее вариации являются определяющими величинами. Предложен сводный управляющий параметр, составленный из указанных величин и наилучшим образом (коэффициент корреляции ~ 0.7) описывающий характеристику областей, в которых развиваются резкие границы структур солнечного ветра.

Остался нерешенным важный вопрос динамики солнечного ветра: рождаются ли наблюдаемые резкие границы непосредственно в солнечной короне или формируются при движении солнечного ветра в гелиосфере. Имеющиеся данные пока не позволяют достаточно определенно решить этот вопрос. Однако существуют примеры наблюдения резких границ на разных космических аппаратах, находившихся на значительном удалении друг от друга.

Предикторы авроральных возмущений

Хвилюзова Т.А., Толочкина С.В.

*Полярный геофизический институт КНЦ РАН, Мурманск,
e-mail: hvizuz@pgi.ru*

Для поисков предикторов авроральных возмущений возмущения в космическом пространстве разделены по разным типам потоков солнечного ветра, так как потоки отличаются солнечными источниками, условиями выхода из короны Солнца и, отсюда, своими имманентными свойствами. Потоки солнечного ветра от разных солнечных источников имеют различные, но вполне определенные пределы параметров в солнечном ветре и разную скорость их изменения. Построены блок-схемы процесса прогнозирования авроральных возмущений. Выбраны оптимальные, связанные с физическими процессами на Солнце, временные периоды упреждения прогноза: 27-, 5- и 1-дневные. Периоды можно менять, исходя из целей и задач прогноза. Также можно использовать модельные сценарии развития аврорального события во времени для разных солнечных источников и разных типов потоков солнечного ветра. Приведенная блок-схема может

быть применена при прогнозировании методом искусственных нейронных сетей.

О генерации альвеновских волн в фотосферах Солнца и звезд

Цап Ю.Т.^{1,2}, Копылова Ю.Г.¹, Степанов А.В.¹

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

²*НИИ КрАО, п. Научный, Украина, e-mail: yut@crao.crimea.ua*

Исследовано влияние нейтральной компоненты космической плазмы на поток альвеновских волн в условиях атмосфер Солнца и звезд. Показано, что если частота волн гораздо меньше эффективной частоты столкновений между ионами и нейтральными атомами водорода, то волновой поток не зависит от степени ионизации плазмы, а определяется амплитудой возмущения магнитного поля. Поэтому утверждение, сделанное в работе [1], о том, что генерация альвеновских мод на уровне солнечной фотосферы является проблематичной из-за слабой ионизации вещества, не достаточно обосновано.

[1] Vranjes et al. // *Astron. Astrophys.*, 2008, v.478, p.553.

Временная структура и степень поляризации жёсткого рентгеновского излучения солнечных вспышек

Чариков Ю.Е.

*Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН,
С.-Петербург, e-mail: Yuri.Charikov@mail.ioffe.ru*

Структура жёсткого рентгеновского излучения (ЖРИ) представляет собой последовательность отдельных элементарных всплесков ЖРИ длительностью от сотен миллисекунд до десятков секунд. Подобные структуры зарегистрированы во многих вспышках на CGRO, CORONAS и других спутниках. Временной Профиль всплеска ЖРИ характеризуется коротким ростом потока и более длительным практически экспоненциальным спадом. Последние измерения степени поляризации ЖРИ с постоянной времени в десятки и сотни секунд дают значения, превышающие десятки процентов. Если признать эти результаты аккуратными, то следует рассматривать процессы ускорения и распространения электронов, не изменяющие углового распределения частиц на данном временном масштабе. Это является довольно сильным ограничением на класс возможных механизмов ускорения. Решение нестационарной задачи кинетики пучка ускоренных электронов с учётом кулоновских потерь приводит к уменьшению степени поляризации до нескольких процентов на масштабе времени в несколько секунд.

Ускорение электронов в солнечных вспышках на масштабе в сотни миллисекунд

Чариков Ю.Е.

*Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН,
С.-Петербург, e-mail: Yuri.Charikov@mail.ioffe.ru*

Анализируются отдельные элементарные всплески ЖРИ длительностью от сотен миллисекунд, зарегистрированные во многих вспышках на CGRO, CORONAS и других спутниках. Временной профиль всплеска ЖРИ характеризуется коротким ростом потока и более длительным практически экспоненциальным спадом. Временные профили ЖРИ отражают либо процесс чрезвычайно быстрого ускорения электронов, либо специфику их инжекции. Кроме отдельных импульсов в некоторых вспышках регистрируются кластеры всплесков. Подобная структура с большим разнообразием структур хорошо известна в радиодиапазоне. Миллисекундные всплески ЖРИ ассоциируются с пространственной локализацией области

ускорения электронов. В модели пересоединения посредством формирования локальных магнитных «островов» размеры «островов» не должны превышать несколько тысяч километров. Эта величина определяется радиусом отдельной магнитной петли, который, в свою очередь, пропорционален длительности всплеска. Длительность всплеска может определяться временем «слияния» (coalescence) магнитных островов, которое может определять время ускорения элементарных частиц. Возникновение электрического поля и возможные механизмы ускорения анализируются с учётом структуры временного профиля импульсов ЖРИ. Наиболее вероятным является процесс *bursty reconnection* (быстрого пересоединения), длительность которого может составить сотни миллисекунд. Скорость набора кинетической энергии элементарной частицей оценивается в различных моделях ускорения. Сравнение с профилями импульсов ЖРИ временной зависимости кинетической энергии частиц позволяет проводить селекцию процессов ускорения.

Спектральный состав рентгеновского излучения солнечных вспышек

*Чариков Ю.Е., Лазутков В.П., Матвеев Г.А.,
Савченко М.И., Скородумов Д.В.*

*Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН,
Санкт-Петербург, e-mail: Yuri.Charikov@mail.ioffe.ru*

По современным представлениям структура жёсткого рентгеновского излучения солнечных вспышек представляет последовательность импульсов секундной (и менее) длительности. В докладе рассматриваются данные по регистрации жёсткого рентгеновского излучения солнечных вспышек, полученные в ходе экспериментов на станции КОРОНАС-Ф. Временное разрешение порядка 10 мс позволяет проводить спектрально-временной анализ для выявления характерных частот квазигармонических процессов в широком диапазоне значений. Wavelet-преобразование временных рядов рентгеновского излучения в диапазоне от 20 до ~ 100 кэВ для различных вспышек обнаруживает квазигармоники с периодами от сотен миллисекунд до десятков секунд. Показано, что спектральный состав излучения не остаётся постоянным на протяжении вспышки — от стадии роста до спада излучения. Динамика спектрального состава зависит и от энергии излучения. Следует отметить, что в разных вспышках спектральный состав различен. Всё это свидетельствует о разном темпе набора энергии электронами вспышечной плазмы, то есть о специфике процесса ускорения.

О механизмах формирования зebra-структуры в радиоизлучении Солнца

Чернов Г.П., Лаптухов А.И., Фомичев В.В.

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

Обсуждается природа зebra-структуры (ЗС) в континуальных солнечных радиовсплесках IV типа. Наиболее разработанными моделями являются механизм на двойном плазменном резонансе (ДПР) и механизм взаимодействия плазменных волн с вистлерами [1]. Только за последние 5 лет вышло около 10 работ по усовершенствованию механизма на ДПР, поскольку в первоначальном виде он не отвечал многим параметрам ЗС. Показано, что усовершенствованная модель ЗС на ДПР со степенной функцией распределения внутри конуса потерь [2] оказывается неосуществимой в любых моделях корональной плазмы. В последних работах рассматривается формирование ЗС в ходе распространения электромагнитных волн в короне. Здесь мы оцениваем все модели. Анализ последних теорий позволяет заключить, что любые формы ЗС могут формироваться в ходе распространения радиоволн в короне, если они встречаются на своем пути неоднородности плазмы различных масштабов. Сверхтонкую структуру полос ЗС в виде миллисекундных спайков со строгим периодом ≈ 30 мс можно объяснить механизмом континуального радиоизлучения в самом радиоисточнике, если предположить, что неоднородности плазмы создаются волной конечной амплитуды с таким же периодом.

[1] Chernov G.P. // Space Science Rev., 2006, v.127, p.195-326.

[2] Kuznetsov A.A., Tsap Yu.T.// Sol. Phys. 2007, V.241, P.127.

Оценка длительностей циклов по их амплитудным характеристикам при модельном и эмпирическом подходах

Шибачев И.Г.

ИЗМИРАН

В задачах прогнозирования солнечных циклов или их реконструкции в прошлом кроме вычисления максимального значения цикла Wm важна

и оценка его длительности T_c . В работе рассматриваются циклы достоверного ряда чисел Вольфа (циклы 10–22) и предложено несколько подходов по связи T_c с характеристиками цикла. В первой группе расчетов использована идея Вальдмайера рассматривать W_m как независимую переменную и использовать W_m для аппроксимации экспериментальных кривых. Постулируя или опираясь на эмпирическую связь площади цикла с его длительностью получены простые зависимости T_c от W_m . Вторая группа оценок использует временную модель цикла. Соответствующие расчеты проведены для модели цикла Стюарта и Пановского и близкую к ней.

Показано, что кроме относительных погрешностей для оценок T_c разумно сравнивать и суммарную длительность циклов. Полученные критерии для циклов $10 \div 22$ применены при оценке восстановленных циклов $1 \div 9$ и отмечены существенные отличия.

Динамика степени поляризации в солнечных микроволновых вспышечных петлях

Шубаев А. А.¹, Мельников В. Ф.²

¹ ГОУ ВПО ННГУ, Н.Новгород, e-mail: nuruder@mail.ru

² ФГНУ НИРФИ, Н.Новгород, e-mail: meln@nirfi.sci-nnov.ru

Известно, что распределения нетепловых электронов по питч-углу и энергии должны быть сильно нестационарными во вспышечных петлях [1]. Это, в свою очередь, должно приводить к изменению степени поляризации во время микроволнового всплеска [2]. В данной работе проведен поиск закономерностей динамики степени поляризации в микроволновых вспышечных петлях и диагностика характера эволюции распределений нетепловых электронов на основе теоретических предсказаний о зависимости между временными профилями интенсивности и степени поляризации.

Для решения задачи были использованы данные радиогелиографа Нобеля с высоким пространственным разрешением, позволяющие принимать и исследовать излучение из отдельных участков вспышечной петли со стабильным в течение всплеска направлением и напряженностью магнитного поля. В результате анализа девяти вспышек выявлены следующие типы соотношения между временными профилями интенсивности и степени поляризации: 1) минимум степени поляризации приходится на максимум интенсивности, а максимум степени поляризации наступает позже максимума интенсивности (5 событий из 9-ти); 2) максимум степени поляризации наступает раньше максимума интенсивности. Степень поляризации в начале всплеска возрастает, однако затем спадает и стабилизируется

(4 события из 9-ти). Проведено сравнение полученных закономерностей с предсказаниями теоретических моделей.

- [1] Горбиков С.П., Мельников В.Ф. // Матем. моделирование, 2007, Т.19, № 2, С.112.
- [2] Fleishman G.D., Melnikov V.F. // ApJ, 2003, v.587, p.823

Исследование излучения корональных дыр в период минимума солнечной активности

Шрамко А.Д., Гусева С.А.

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

В работе исследовались параметры корональных дыр Солнца в разных диапазонах длин волн. Использовались данные орбитальной обсерватории SOHO (спектрогелиограф EIT 171Å, 195Å, 284Å) и наземные наблюдения радиотелескопа РТ-3 (Кисловодская ГАС, $\lambda=4.9$ см) и радиогелиографа Nobeyama (Япония, $\lambda=1.76$ см), в минимуме 23 цикла солнечной активности.

Мы уделили особое внимание тем дням в период 2006-2008 года, где на диске Солнца отсутствуют активные области, сильно влияющие на интегральный поток радиоизлучения Солнца, за исключением корональных дыр, влияние которых изучается в данной работе.

Исследуется эволюция площадей корональных дыр, их расположение на диске Солнца и отклик этих параметров в радиодиапазоне по данным наблюдений радиотелескопа РТ-3 ГАС и радиогелиографа Nobeyama.

Обсуждаются вопросы, связанные с надежностью полученных данных.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 06021633, и научной школы № 6110.2008.2.

**Наблюдение комплекса из приэкваториальной
корональной дыры и активной области в минимуме
23-го солнечного цикла**

Шугай Ю.С.¹, Веселовский И.С.^{1,2}, Яковчук О.С.¹

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

²*Институт космических исследований РАН, Москва*

Корональные дыры (КД) имеют сложную внутреннюю структуру, которая активно изучается в последнее время. Начиная с 70-х годов прошлого века, в работах описываются активные области (АО) наблюдаемые в КД [1] и [2]. Следует заметить, что замкнутые магнитные структуры могут располагаться как на границах, так и внутри, униполярных областей магнитного поля. В работах [3] и [4] отмечается, что интенсивные геомагнитные бури связаны со вспышками в АО или эрупцией протуберанцев, расположенных около КД. В работе [5] описывается геомагнитная буря 24 августа 2005 года, источник которой связан с АО, расположенной в низкоширотной КД.

В минимуме 23-го цикла солнечной активности, с сентября 2007 года по апрель 2008 года, наблюдалась рекуррентная приэкваториальная КД отрицательной полярности. В течение этого времени внутри КД или около ее границ существовали области магнитного поля замкнутой конфигурации, некоторым из которых был присвоен номер по каталогу NOAA. АО наблюдались в южном полушарии. В анализируемый период времени не наблюдалось вспышек и эрупции протуберанцев, связанных с рассматриваемым комплексом. В работе исследуется связь между параметрами АО внутри или на границе КД на Солнце и параметрами солнечного ветра и гелиосферного поля на околоземной орбите. Оценивается изменение границ и размеров КД и АО. Обсуждаются возможные признаки МГД-взаимодействия между АО и КД.

- [1] Timoty F.A. et al.//Sol. Phys, 1975, v.42, p.135.
- [2] Веселовский И.С. и др.//Труды конф. МИФИ, Москва, 2006, с.18.
- [3] Hewish A., S.Bravo S.//Sol. Phys, 1986, v.106, p.195.
- [4] Shelke R.//J.Astrophys. Astr, 2006, v.27, p.101.
- [5] Asai A. et al.//36th COSPAR Scientific Assembly, 2004, p.2406.

Оглавление

[1] <i>Абдусаматов Х.И.</i> Самый продолжительный 23 цикл излучения и активности Солнца — свидетельство наступления глубокого минимума двухвекового цикла в 2041 году	3
[2] <i>Абдусаматов Х.И., Лаповок Е.В., Ханков С.И.</i> Модели климатических изменений	4
[3] <i>Абдусаматов Х.И., Лаповок Е.В., Ханков С.И.</i> Влияние предстоящего уменьшения солнечной постоянной на глобальные и широтные изменения климата Земли	5
[4] <i>Абдусаматов Х.И., Лаповок Е.В., Ханков С.И.</i> Методы обеспечения термостабильности солнечного лимбографа СЛ-200	6
[5] <i>Абрамов-Максимов В.Е., Бакунина И.А., Гельфрейх Г.Б., Шибасаки К.</i> Особенности короткопериодических колебаний микроволнового излучения различных активных областей Солнца по данным радиогелиографа Нобеяма	6
[6] <i>Абрамов-Максимов В.Е., Гельфрейх Г.Б., Кобанов Н.И., Шибасаки К.</i> Сравнительный анализ квази-периодических колебаний солнечных пятен на уровне хромосферы и переходного слоя	8
[7] <i>Абрамов-Максимов В.Е., Гельфрейх Г.Б., Шибасаки К.</i> Симпатические события на Солнце по наблюдениям в микроволновом диапазоне	9
[8] <i>Авакян С.В., Воронин Н.А.</i> Тренды солнечно-геомагнитной активности и глобальное изменение климата	10
[9] <i>Афанасьев А.Н.</i> Влияние СМЕ на формирование тонкой структуры радиовсплесков II типа в дециметровом диапазоне	11
[10] <i>Бадалян О.Г.</i> Свойства двух мод дифференциального вращения солнечной короны	12
[11] <i>Бакунина И.А., Абрамов-Максимов В.Е., Лесовой С.В., Кардаполова Н.Н., Шибасаки К., Тихомиров Ю.В., Бакунин В.Л., Просовецкий Д.В.</i> Долгопериодные колебания солнечных пятен по одновременным наблюдениям на радиогелиографе Нобеяма и Сибирском Солнечном радиотелескопе	13
[12] <i>Бакунина И.А., Мельников В.Ф., Шибасаки К., Яржина Е.Ю.</i> Межпятенные источники микроволнового излучения Солнца по наблюдениям с высоким двумерным пространственным разрешением на трёх частотах	14
[13] <i>Баранов А.В., Баранова Н.Н., Лазарева Л.Ф.</i> Особенности кроссовер-эффекта в полутени солнечного пятна. Результаты наблюдений	16
[14] <i>Баринов А.В., Мельников В.Ф.</i> Закономерности динамики спектра и распределения радиояркости во вспышечных петлях	17

[15]	<i>Белов А.В., Курт. В.Г.</i> Функции распределения рентгеновских вспышек и протонных событий (три цикла солнечной активности)	17
[16]	<i>Беспалов П.А., Савина О.Н.</i> Влияние ионно-звуковой турбулентности на формирование температурного перепада в переходной области солнечной атмосферы	18
[17]	<i>Биленко И.А., Ковалев В.А.</i> К диагностике солнечных вспышек	19
[18]	<i>Богод В.М.</i> Модернизация солнечного спектрально-поляризационного комплекса высокого разрешения на РАТАН-600	19
[19]	<i>Богод В.М., Яснов Л.В.</i> Особенности структуры коронального магнитного поля в активных областях на Солнце по многочастотным данным микроволновых наблюдений на РАТАН-600	20
[20]	<i>Будник А.И., Полявин Д.И.</i> Реконструкция топологии гелиосферного токового слоя	20
[21]	<i>Вальчук Т.Е.</i> Особенности гелиосферного плазменного слоя при зарождении активности нового 24 цикла	21
[22]	<i>Васильева В.В., Тлатов А.Г.</i> Распределение магнитных биполей в солнечном цикле	22
[23]	<i>Вернова Е.С., Тясто М.И., Баранов Д.Г.</i> Асимметрия распределения фотосферного магнитного поля	23
[24]	<i>Veselovsky I.S., Mursula K., Ptitsyna N.G., Tyasto M.I., Yakovchouk O.S.</i> Retrospective analysis of sporadic and recurrent perturbations on the Sun and in the heliosphere using indirect method based on the data analysis of geomagnetic archives: 1859-1860	24
[25]	<i>Волобуев Д.М.</i> Возможности и перспективы параметризации цикла Швабе	24
[26]	<i>Georgieva K.</i> What can we learn about solar dynamo and solar influences on climate from geomagnetic data	25
[27]	<i>Гетлинг А.В., Бучнев А.А.</i> О динамике структур грануляционного поля	26
[28]	<i>Голубов И.Л., Тлатов А.Г.</i> Создание солнечного оперативного телескопа-спектрополяриметра на базе существующего телескопа-гелиосейсмографа	27
[29]	<i>Голубчина О.А., Коржавин А.Н., Тохчукова С.Х., Богод В.М.</i> Радиоизлучение внешних слоёв атмосферы Солнца по данным наблюдений солнечного затмения 29 марта 2006 года	28
[30]	<i>Гриб С.А.</i> О внутренних волнах в магнитных облаках солнечного ветра и в магнитосфере Земли	28
[31]	<i>Григорьева И.Ю., Боровик В.Н., Абрамов-Максимов В.Е.</i> Начальная фаза эруптивного события на западном лимбе Солнца 2 декабря 2003 г. по микроволновым наблюдениям на РАТАН-600	29
[32]	<i>Гусева С.А., Шрамко А.Д.</i> Лимбовые корональные лучи как предикторы гелиомагнитной картины на диске Солнца	30

[33] Давыдов В.В., Макарова В.В. Временные особенности ряда полярных факелов	30
[34] Давыдов В.В., Пархоменко А.В. Долгопериодные корреляции геофизических величин и индексов солнечной активности	31
[35] Делоне А.Б., Порфирьева Г.А., Якунина Г.В. Активизация волокон и вспышки на Солнце	31
[36] Демидов М.Л. Вариации крупномасштабных магнитных полей Солнца в диапазоне минуты-часы при стокометрических измерениях	32
[37] Демидов М.Л., Голубева Е.М., Григорьев В.М. Особенности распределения по диску Солнца магнитных полей при сопоставлении наблюдений в различных обсерваториях	33
[38] Дергачев В.А., Распопов О.М., Юнгнер Х. Глобальное потепление 20-го века и долговременная солнечная активность	34
[39] Джемакулов А.А., Пархоменко А.В., Тлатов А.Г. Характеристики групп солнечных пятен в период 1853-1879 гг.	35
[40] Дивлекеев М.И. Колебания излучения активных областей в линии CaII 8498Å	35
[41] Дивлекеев М.И., Яковчук О.С., Веселовский И.С. Многоволновые наблюдения динамических процессов на Солнце и в гелиосфере 30.07.2005	36
[42] Дмитриев П.Б. Солнечная активность в рентгеновском диапазоне длин волн и ее влияние на околоземное пространство на протяжении 22 и 23 солнечных циклов	36
[43] Дмитриев П.Б., Кудрявцев И.В., Лазутков В.П., Савченко М.И., Скородумов Д.В. Временная структура и энергетический спектр рентгеновского излучения солнечной вспышки 15 апреля 2002 года по данным спектрометра «ИРИС» эксперимента «КОРОНАС-Ф»	37
[44] Ерофеев Д.В. Поляризация нелинейных альвеновских волн в межпланетном пространстве	38
[45] Ефименко В.М., Токий В.В., Токий Н.В. Влияние индукционных электрических токов на параметры плазмы приповерхностных слоев Солнца	39
[46] Зайцев В.В., Круглов А.А. Электрические токи в корональных магнитных петлях	40
[47] Зимовец И.В., Струминский А.Б. Генерация квазипериодических пульсаций нетеплового излучения блуждающим источником в двухленточных вспышках	41
[48] Злотник Е.Я. Сравнительный анализ различных теорий происхождения зebra-структуры в солнечном радиоизлучении	42

[49] Злотник Е.Я., Зайцев В.В., Aurass H. Зебра-структура в быст- родрейфующих солнечных радиовсплесках	43
[50] Злотник Е.Я., Шер Э.М. Об особенностях эффекта двойного плазменного резонанса в солнечной короне	44
[51] Иванов Е.В., Файнштейн В.Г. Крупномасштабная структура магнитных полей в короне и корональные выбросы масс	45
[52] Иванов В.Г., Милецкий Е.В., Наговицын Ю.А. Реконструкция «диаграммы бабочек» Маундера за XVIII-XIX века	46
[53] Измоденов В.В., Веселовский И.С., Катушкина О.А., Провор- никова Е.А., Wood V. Анализ возможных факторов, влияющих на спектры поглощения в линии Лайман-альфа в направлении ближних звезд	46
[54] Исаева Е.А., Мельников В.Ф. Повышение точности оценки пото- ка протонов СКЛ по параметрам микроволновых всплесков при учете интенсивности декаметровый компоненты	47
[55] Исханов Р.Н., Иванов В.Г. Циклические изменения дифферен- циального вращения Солнца	48
[56] Исханов Р.Н., Тавастшерна К.С. Высокоширотные корональ- ные дыры и полярные факелы в 11-летних солнечных циклах	49
[57] Ишков В.Н. Выбросы коронального вещества от вспышечных событий: классификация, характеристики, прогноз выхода	49
[58] Ишков В.Н. Вспышечная активность 23 цикла СА: парадокс дефицита вспышек и обилие протонных событий	50
[59] Ишков В.Н., Шибачев И.Г. Возможность аналитического пред- ставления достоверного ряда чисел Вольфа	51
[60] Казачевская Т.В. Вариации потока ультрафиолетового излу- чения Солнца в минимуме активности	51
[61] Калинин М.С., Крайнев М.Б. О фазе минимума солнечного цикла в интенсивности галактических космических лучей	52
[62] Callebaut D.K., Makarova V.V. Relations Between Polar Faculae and Sunspots	53
[63] Кальтман Т.И., Богод В.М., Тохчукова С.Х., Коржавин А.Н. Слабоконтрастная структура микроволнового излучения Солнца в минимуме активности	54
[64] Касинский В.В. Низкочастотные колебания параметров актив- ных областей и диагностика хромосферных вспышек	55
[65] Касинский В.В. Пространственная анизотропия вспышек на диаграммах «бабочек» как проявление глобального триггерного механизма хромосферных вспышек	55
[66] Катушкина О.А., Булах В.И., Измоденов В.В. Межзвездные атомы водорода внутри гелиосферы	57

[67] <i>Кацова М.М.</i> Особенности вращения Солнца и активных поздних звезд	58
[68] <i>Киричек Е.А.</i> Магнитостатическая модель кольцевого волокна	59
[69] <i>Князева И.С., Мильков Д.А., Макаренко Н.Г.</i> Скейлинговые и топологические предвестники X-вспышек по MDI данным	59
[70] <i>Копылова Ю.Г., Степанов А.В., Цап Ю.Т.</i> Корональная сейсмология как метод диагностики плазмы звездных вспышек	60
[71] <i>Костюченко И.Г.</i> О различиях в хаотической динамике солнечной активности на разных временных масштабах и их возможной природе	61
[72] <i>Крайнев М.Б.</i> Об особенностях текущей фазы солнечного цикла и долговременных вариаций солнечной активности	62
[73] <i>Крайнев М.Б., Макарова В.В.</i> Регрессионная модель связи между характеристиками солнечной активности и гелиосферного токового слоя	62
[74] <i>Крамынин А.П.</i> О некоторых особенностях спектра вариаций чисел Вольфа	63
[75] <i>Криводубский В.Н.</i> Накопление энергии солнечных вспышек в виде электрических зарядов	64
[76] <i>Кудрявцев И.В.</i> Космические лучи и возможные механизмы их влияния на формирование облачности	65
[77] <i>Кузнецов С.А., Мельников В.Ф.</i> Гиротронное излучение неоднородных вспышечных петель: роль эффекта Разина	66
[78] <i>Кузнецова М.А.</i> Системы измерений магнитных полей солнечных пятен	66
[79] <i>Кузнецова Т.В., Лаптухов А.И.</i> Проявление асимметрии чётных-нечётных циклов солнечной активности в годовой вариации электромагнитных параметров солнечного ветра на орбите Земли	67
[80] <i>Кулагин Е.С.</i> Узкополосная широкоугольная ступень оптического фильтра на основе двухлучевого интерферометра с полупрозрачным металлическим слоем	67
[81] <i>Курт В.Г., Юшков Б.Ю., Галкин В.И., Кудела К.</i> Гамма-излучение солнечных вспышек с энергией >10 МэВ как индикатор ускорения электронов и протонов до релятивистских энергий. Результаты измерений на ИСЗ «КОРОНАС-Ф» и сравнение с результатами, полученными ранее	69
[82] <i>Кутвицкий В.А., Семкоз В.Б., Соколов Д.Д.</i> Существуют ли вариации потока солнечных нейтрино в эксперименте SAGE?	70
[83] <i>Лаптухов А.И.</i> Тензорная магнитогазодинамика как квазиклассический способ описания разреженной плазмы солнечной атмосферы	71

[84] <i>Лейко У.М.</i> Возможности исследования временных рядов наблюдений индексов солнечной активности методом узкополосной фильтрации	72
[85] <i>Лейко У.М.</i> Модулирующие периоды солнечной активности и прогноз очередного долгопериодического минимума солнечной активности	73
[86] <i>Лившиц М.А.</i> Газодинамические процессы в мощных нестационарных явлениях на Солнце	74
[87] <i>Лозицкий В.Г.</i> Наблюдения магнитных полей с индукцией в 10 килогаусс в большой солнечной вспышке 28 октября 2003 года	74
[88] <i>Лозицкий В.Г., Андриец Е.С.</i> Измерения магнитных полей в медленной солнечной вспышке класса C4 на фотосферном и хромосферном уровнях	75
[89] <i>Лозицкий В.Г., Соловьев А.А.</i> Структура и эволюция магнитных полей в солнечных вспышках: спектрально-поляризационные наблюдения и МГД-модели	76
[90] <i>Лотова Н.А., Владимирский К.В., Обриджо В.Н.</i> Быстрые и медленные потоки солнечного ветра	77
[91] <i>Макаренко Н.Г.</i> Математические проблемы палеоклиматических реконструкций	77
[92] <i>Макарова В.В., Пархоменко А.В., Джемакулов А.А.</i> Всплески активности на полюсах Солнца, предшествующие 24 циклу пятен	78
[93] <i>Мартынова О.В., Мельников В.Ф., Резникова В.Э.</i> Распределения радиояркостности вдоль вспышечных петель на разных фазах микроволнового всплеска	78
[94] <i>Мельников В.Ф.</i> Микроволновые вспышечные петли: новые методы диагностики ускорения и кинетики нетепловых электронов	79
[95] <i>Мельников В.Ф., Арбер Т.Д.</i> Формирование тепловых фронтов во вспышечных петлях	81
[96] <i>Мерзляков В.Л.</i> Влияние тока протуберанца на скорость коронального выброса	82
[97] <i>Мерзляков В.Л., Молоденский М.М.</i> Закономерности начального этапа корональной эрупции	83
[98] <i>Милецкий Е.В., Иванов В.Г.</i> Плотность широтного распределения солнечной активности в 11-летних циклах	84
[99] <i>Минасянц Г.С., Минасянц Т.М.</i> Особенности ускорения и распространения протонов солнечных вспышек	84
[100] <i>Михаляев Б.Б., Хонгорова О.В.</i> О спектрах радиальных колебаний	86
[101] <i>Моргачев А.С., Поляков В.Е., Щербаков Д.А., Мельников В.Ф.</i> Вклад теплового тормозного излучения в микроволновое излучение вспышечных петель	86

[102] <i>Мордвинов А.В.</i> Изменения потока излучения Солнца, ошибки его измерений и связь с магнитной активностью	87
[103] <i>K. Mursula</i> Bashful ballerina: The asymmetric solar magnetic field in the heliosphere and in the corona	88
[104] <i>Мяжкова И.Н., Муравьева Е.А., Пилипенко В.А., Романова Н.В.</i> Релятивистские электроны, наблюдаемые в околоземном космическом пространстве на малых высотах, и их связь с событиями на Солнце	89
[105] <i>Наговицын Ю.А.</i> К вопросу об описании N-S асимметрии солнечной активности	90
[106] <i>Наговицын Ю.А.</i> Физические параметры космической погоды на длительных временах: «нормальные» и «экстремальные» эпохи	90
[107] <i>Наговицын Ю.А., Иванов В.Г., Милецкий Е.В.</i> Открытый солнечный магнитный поток: новые реконструкции	91
[108] <i>Наговицын Ю.А., Наговицына Е.Ю.</i> Долгопериодические колебания в активных областях Солнца: наблюдательные свидетельства	92
[109] <i>Никольская К.И.</i> Корональные дыры и магнитные поля Солнца	92
[110] <i>Обридко В.Н.</i> Глобальные магнитные поля на Солнце в системе «Солнце – Земля»	93
[111] <i>Обридко В.Н., Шельтинг Б.Д., Аскеров А.Б.</i> Связь контраста корональных дыр с характеристиками солнечного ветра	94
[112] <i>Ogurtsov M.G., Raspopov O.M., Oinonen M., Jungner H.</i> Reaction of nonlinear system to the weak external forcing as a problem in solar-climatic research	94
[113] <i>Олемской С.В., Мордвинов А.В.</i> Долготная неоднородность магнитной активности Солнца в модуляции космических лучей	95
[114] <i>Опошнян О.Л., Полявин Д.И., Макаренко Н.Г.</i> Диагностика причинно-следственной связи между временными рядами солнечной и геомагнитной активности методами символической динамики	96
[115] <i>Орешина А.В., Сомов Б.В.</i> Аналитическое описание движения нерелятивистских заряженных частиц в пересоединяющем токовом слое	96
[116] <i>Орешина И.В., Сомов Б.В.</i> Эволюция фотосферного магнитного поля и корональные нулевые точки перед солнечными вспышками	97
[117] <i>Парфиченко Л.Д., Ефремов В.И., Соловьев А.А.</i> Некоторые пространственные особенности долгопериодических колебаний лучевых скоростей в пятне и около него	97
[118] <i>Подгорный А.И.</i> Трехмерное МГД моделирование положения токовых слоев в предвспышечном состоянии.	98
[119] <i>Подгорный И.М.</i> Жесткие излучения солнечной вспышки – новые наблюдательные данные и их объяснение.	99

[120]	<i>Понявин Д.И.</i> Тренды солнечной и геомагнитной активности	100
[121]	<i>Попова Е.П.</i> Магнитная спиральность динамо Паркера	100
[122]	<i>Порфирьева Г.А., Делоне А.Б., Якунина Г.В.</i> Выбросы вещества из стримеров в минимуме и максимуме солнечной активности	101
[123]	<i>Прожудина В.С., Ермолаев Ю.И.</i> О связи микроволнового излучения мощных солнечных вспышек с геомагнитной активностью	101
[124]	<i>Просовецкий Д.В., Просовецкая Н.А.</i> Зависимость характеристик ультрафиолетового и микроволнового излучений в корональных дырах	102
[125]	<i>Пятаков Н.П., Горбиков С.П., Мельников В.Ф.</i> Моделирование динамики энергичных электронов в магнитной ловушке на основе уравнения Фоккера-Планка	103
[126]	<i>Пятигорский А.Г., Пятигорский Г.А.</i> Прогнозирование солнечной активности на основе исследования ряда чисел Вольфа посредством нелинейного регрессионного анализа	104
[127]	<i>Распопов О.М., Дергачев В.А., Огурцов М.Г., Дмитриев П.Б., Баткова Л.А., Благовещенская Е.Э., Козырева О.В.</i> Вариации климата на временных шкалах до сотен миллионов лет и их связь с солнечной активностью	105
[128]	<i>Резникова В.Э., Мельников В.Ф., Горбиков С.П., Пятаков Н.П., Мяжкова И.Н., Шибасаки К.</i> Динамика распределения микроволновой яркости в гигантской вспышечной петле 24 августа 2002	106
[129]	<i>Ривин Ю.Р.</i> Возможная причина меридионального дрейфа общего магнитного поля Солнца в магнитном цикле, а также механизма генерации такого цикла в рамках гипотезы о двух активных областях в конвективной зоне	106
[130]	<i>Ривин Ю.Р.</i> Коррекция гипотезы о двух активных областях внутри конвективной зоны Солнца	107
[131]	<i>Ривин Ю.Р.</i> Магнитное поле солнечных пятен во второй половине прошлого века по среднегодовым значениям	108
[132]	<i>Ривин Ю.Р.</i> Основные источники циклических изменений вспышечных и рекуррентных возмущений геомагнитного поля внутри конвективной зоны Солнца	109
[133]	<i>Романова Н.В., Пилепенко В.А., Романов А.Н.</i> Метод частных наименьших квадратов для предсказания вариаций потока релятивистских электронов в магнитосфере	109
[134]	<i>Сарычев А.П., Рощина Е.М.</i> Сравнительный анализ трёх длительно наблюдаемых индексов пятнообразования	111
[135]	<i>Соколов Д.Д.</i> Солнечное динамо: знаем ли мы что-нибудь и что мы хотели бы узнать?	111

- [136] *Соколов Д.Д., Хлыстова А.И.* Тороидальное магнитное поле по данным о группах пятен, нарушающих правило полярности Хейла 112
- [137] *Soloviev A.A.* Magnetic structure, equilibrium and low-frequency eigen oscillations of sunspot 112
- [138] *Струмминский А.Б., Зимовец И.В.* Длительное нетепловое излучение солнечных вспышек и эффект Нойперта 113
- [139] *Тавастшерна К.С., Сивараман К.Р., Степанова Т.А., Поляков Е.В.* Создание атласа H_{α} синоптических карт Солнца в цифровом формате за период 1914-2007 114
- [140] *Тлатов А.Г.* Свойства полярных циклов активности 115
- [141] *Тлатов А.Г., Revtsov A., Singh J.* Вариации активности Солнца по данным столетних наблюдений в линии CaPK 115
- [142] *Тлатов А.Г., Васильева В.В., Callebaut D.K.* Нерадиальное распространение корональных стримеров в солнечном цикле 116
- [143] *Тлатов А.Г., Васильева В.В., Веселовский И.С.* Формирование токовых петель вблизи солнечных пятен 116
- [144] *Топчило Н.А., Петерова Н.Г., Борисевич Т.П.* Корона над крупным одиночным пятном по наблюдениям на микроволнах (АО NOAA 10105, сентябрь 2002 г.) 117
- [145] *Тохчукова С.Х.* Представление данных РАТАН-600 в сети Интернет 118
- [146] *Троицкая Е.В.* Исследование процессов в области солнечной вспышки для пяти событий методом анализа их гамма-излучения в линиях 120
- [147] *Тягун Н.Ф.* Вариации E-W асимметрии в монохроматической короне Солнца 121
- [148] *Тягун Н.Ф.* Наблюдения полярной короны Солнца в красной линии 122
- [149] *Хабарова О.В., Застенкер Г.Н.* Выявление областей предпочтительного образования резких границ мелкомасштабных структур солнечного ветра 122
- [150] *Хвилюзова Т.А., Толочкина С.В.* Предикторы авроральных возмущений 123
- [151] *Цап Ю.Т., Копылова Ю.Г., Степанов А.В.* О генерации альвеновских волн в фотосферах Солнца и звезд 124
- [152] *Чариков Ю.Е.* Временная структура и степень поляризации жёсткого рентгеновского излучения солнечных вспышек 125
- [153] *Чариков Ю.Е.* Ускорение электронов в солнечных вспышках на масштабе в сотни миллисекунд 125

[154] <i>Чариков Ю.Е., Лазутков В.П., Матвеев Г.А., Савченко М.И., Скородумов Д.В.</i> Спектральный состав рентгеновского излучения солнечных вспышек	126
[155] <i>Чернов Г.П., Лаптухов А.И., Фомичев В.В.</i> О механизмах формирования зебра-структуры в радиоизлучении Солнца	127
[156] <i>Шибанов И.Г.</i> Оценка длительностей циклов по их амплитудным характеристикам при модельном и эмпирическом подходах	127
[157] <i>Шибанов А.А., Мельников В.Ф.</i> Динамика степени поляризации в солнечных микроволновых вспышечных петлях	128
[158] <i>Шрамко А.Д., Гусева С.А.</i> Исследование излучения корональных дыр в период минимума солнечной активности	129
[159] <i>Шугай Ю.С., Веселовский И.С., Яковчук О.С.</i> Наблюдение комплекса из приэкваториальной корональной дыры и активной области в минимуме 23-го солнечного цикла	130

Список авторов

- Аскеров А.Б., 94
Абдусаматов Х.И., 3–6
Абрамов-Максимов В.Е., 6, 8, 9,
13, 29
Авакян С.В., 10
Андреец Е.С., 75
Арбер Т.Д., 81
Аурасс Х., 43
Афанасьев А.Н., 11
Бадалян О.Г., 12
Бакунин В.Л., 13
Бакунина И.А., 6, 13, 14
Баранов А.В., 16
Баранов Д.Г., 23
Баранова Н.Н., 16
Баринов А.В., 17
Баткова Л.А., 105
Белов А.В. Курт. В.Г., 17
Беспалов П.А., 18
Биленко И.А., 19
Благовещенская Е.Э., 105
Богод В.М., 19, 20, 28, 54
Борисевич Т.П., 117
Боровик В.Н., 29
Будник А.И., 20
Булах В.И., 57
Бучнев А.А., 26
Вальчук Т.Е., 21
Васильева В.В., 22, 115, 116
Вернова Е.С., 23
Веселовский И.С., 23, 36, 46, 116,
130
Владимирский К.В., 77
Волобуев Д.М., 24
Воронин Н.А., 10
Вуд Б., 46
Галкин В.И., 69
Гельфрейх Г.Б., 6, 8, 9
Георгиева К., 25
Гетлинг А.В., 26
Голубева Е.М., 33
Голубов И.Л., 27
Голубчина О.А., 28
Горбиков С.П., 103, 106
Гриб С.А., 28
Григорьев В.М., 33
Григорьева И.Ю., 29
Гусева С.А., 30, 129
Давыдов В.В., 30, 31
Делоне А.Б., 31, 101
Демидов М.Л., 32, 33
Дергачев В.А., 34, 105
Джемакулов А.А., 35, 78
Дивлекеев М.И., 35, 36
Дмитриев П.Б., 36, 37, 105
Ермолаев Ю.И., 101
Ерофеев Д.В., 38
Ефименко В.М., 39
Ефремов В.И., 97
Зайцев В.В., 40, 43
Застенкер Г.Н., 122
Зимовец И.В., 41, 113
Злотник Е.Я., 42–44
Иванов В.Г., 46, 48, 84, 91
Иванов Е.В., 45
Измоленов В.В., 46, 57
Исаева Е.А., 47
Ихсанов Р.Н., 48, 49
Ишков В.Н., 49–51
Казачевская Т.В., 51
Калинин М.С., 52
Каллебо Д.К., 53, 115
Кальтман Т.И., 54
Кардаполова Н.Н., 13
Касинский В.В., 55
Катушкина О.А., 46, 57
Кацова М.М., 58
Киричек Е.А., 59

- Князева И.С., 59
 Кобанов Н.И., 8
 Ковалев В.А., 19
 Козырева О.В., 105
 Копылова Ю.Г., 60, 124
 Коржавин А.Н., 28, 54
 Костюченко И.Г., 61
 Крайнев М.Б., 52, 62
 Крамынин А.П., 63
 Криводубский В.Н., 64
 Круглов А.А., 40
 Кудела К., 69
 Кудрявцев И.В., 37, 65
 Кузнецов С.А., 66
 Кузнецова М.А., 66
 Кузнецова Т.В., 67
 Кулагин Е.С., 67
 Курт В.Г., 69
 Кутвицкий В.А., 70
 Лазарева Л.Ф., 16
 Лазутков В.П., 37, 126
 Лаповок Е.В., 4–6
 Лаптухов А.И., 67, 71, 127
 Лейко У.М., 72, 73
 Лесовой С.В., 13
 Лившиц М.А., 74
 Лозицкий В.Г., 74–76
 Лотова Н.А., 77
 Макаренко Н.Г., 59, 77, 96
 Макарова В.В., 30, 53, 62, 78
 Мартынова О.В., 78
 Матвеев Г.А., 126
 Мельников В.Ф., 14, 17, 47, 66,
 78, 79, 81, 86, 103, 106,
 128
 Мерзляков В.Л., 82, 83
 Милецкий Е.В., 46, 84, 91
 Мильков Д.А., 59
 Минасянц Г.С., 84
 Минасянц Т.М., 84
 Михалыев Б.Б., 86
 Молоденский М.М., 83
 Моргачев А.С., 86
 Мордвинов А.В., 87, 95
 Муравьева Е.А., 89
 Мурсула К., 23, 88
 Мягкова И.Н., 89, 106
 Наговицын Ю.А., 46, 90–92
 Наговицына Е.Ю., 92
 Никольская К.И., 92
 Обридко В.Н., 77, 93, 94
 Огурцов М.Г., 94, 105
 Ойнонен М., 94
 Олемской С.В., 95
 Опошнян О.Л., 96
 Орешина А.В., 96
 Орешина И.В., 97
 Парфиненко Л.Д., 97
 Пархоменко А.В., 31, 35, 78
 Певцов А., 115
 Петерова Н.Г., 117
 Пилипенко В.А., 89, 109
 Подгорный А.И., 98
 Подгорный И.М., 99
 Поляков В.Е., 86
 Поляков Е.В., 114
 Понявин Д.И., 20, 96, 100
 Попова Е.П., 100
 Порфирьева Г.А., 31, 101
 Проворникова Е.А., 46
 Прокудина В.С., 101
 Просовецкая Н.А., 102
 Просовецкий Д.В., 13, 102
 Птицина Н.Г., 23
 Пятаков Н.П., 103, 106
 Пятигорский А.Г., 104
 Пятигорский Г.А., 104
 Распопов О.М., 34, 94, 105
 Резникова В.Э., 78, 106
 Ривин Ю.Р., 106–109
 Романов А.Н., 109
 Романова Н.В., 89, 109
 Рощина Е.М., 111
 Савина О.Н., 18

Савченко М.И., 37, 126
Сарычев А.П., 111
Семикоз В.Б., 70
Сивараман К.Р., 114
Сингх Д., 115
Скородумов Д.В., 37, 126
Соколов Д.Д., 70, 111, 112
Соловьев А.А., 76, 97, 112
Сомов Б.В., 96, 97
Степанов А.В., 60, 124
Степанова Т.А., 114
Струминский А.Б., 41, 113
Тавастшерна К.С., 49, 114
Тихомиров Ю.В., 13
Тлатов А.Г., 22, 27, 35, 115, 116
Токий В.В., 39
Токий Н.В., 39
Толочкина С.В., 123
Топчило Н.А., 117
Тохчукова С.Х., 28, 54, 118
Троицкая Е.В., 120
Тягун Н.Ф., 121, 122
Тясто М.И., 23
Файнштейн В.Г., 45
Фомичев В.В., 127
Хабарова О.В., 122
Ханков С.И., 4–6
Хвиюзова Т.А., 123
Хлыстова А.И., 112
Хонгорова О.В., 86
Цап Ю.Т., 60, 124
Чариков Ю.Е., 125, 126
Чернов Г.П., 127
Шельтинг Б.Д., 94
Шер Э.М., 44
Шибает А.А., 128
Шибает И.Г., 51, 127
Шибасаки К., 6, 8, 9, 13, 14, 106
Шрамко А.Д., 30, 129
Шугай Ю.С., 130
Щербаков Д.А., 86
Юнгнер Х., 34, 94
Юшков Б.Ю., 69
Яковчук О.С., 23, 36, 130
Якунина Г.В., 31, 101
Яркина Е.Ю., 14
Яснов Л.В., 20
Aurass H., *см.* Аураасс Х.
Callebaut D.K., *см.* Каллебо Д.К.
Georgieva K., *см.* Георгиева К.
Jungner H., *см.* Юнгнер Х.
Mursula K., *см.* Мурсула К.
Oinonen M., *см.* Ойнонен М.
Pevtsov A., *см.* Певцов А.
Singh J., *см.* Сингх Д.
Wood B., *см.* Вуд Б.