

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ГЛАВНАЯ (ПУЛКОВСКАЯ) АСТРОНОМИЧЕСКАЯ
ОБСЕРВАТОРИЯ

**ГОД АСТРОНОМИИ:
СОЛНЕЧНАЯ
И СОЛНЕЧНО-ЗЕМНАЯ ФИЗИКА — 2009**

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

5 – 11 июля 2009 года

Санкт-Петербург
2009

Сборник содержит тезисы докладов, представленных на Всероссийскую ежегодную конференцию по физике Солнца «Год астрономии: Солнечная и солнечно-земная физика — 2009» (5 – 11 июля 2009 года, ГАО РАН, Санкт-Петербург). Конференция проводится Главной (Пулковской) астрономической обсерваторией РАН при поддержке секции «Солнце» Научного совета по астрономии РАН и секции «Плазменные процессы в магнитосферах планет, атмосферах Солнца и звезд» Научного совета «Солнце-Земля», а также при поддержке программ Президиума РАН, ОФН РАН и Российского фонда фундаментальных исследований. Тематика конференции включает в себя широкий круг вопросов по физике солнечной активности и солнечно-земным связям.

ОРГКОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ:

А.В. Степанов (*ГАО РАН, сопредседатель*), В.В. Зайцев (*ИПФ РАН, сопредседатель*), В.М. Богод (*САО РАН*), И.С. Веселовский (*НИИЯФ*), В.А. Дергачев (*ФТИ РАН*), Л.М. Зеленый (*ИКИ РАН*), Ю.А. Наговицын (*ГАО РАН*), В.Н. Обридко (*ИЗМИРАН*), А.А. Соловьев (*ГАО РАН*), Д.Д. Соколов (*МГУ*), О.М. Распопов (*СПбФ ИЗМИРАН*), Н.Г. Макаренко (*ГАО РАН*), В.Г. Лозицкий (*Украина*), D.K. Callebaut (*Бельгия*).

ЛОКАЛЬНЫЙ ОРГКОМИТЕТ:

Ю.А. Наговицын (*председатель*), А.А. Соловьев (*зам. председателя*), Т.П. Борисевич (*секретарь*), В.И. Плешаков, Д.М. Волобуев, В.Г. Дордий, В.Г. Иванов, Ю.Г. Копылова, В.Ф. Мельников, Е.В. Милецкий, Я.Б. Станиславич, Е.Л. Терехина.

ISSN 0552-5829

© Главная астрономическая обсерватория РАН, 2009 год.

Новые критерии определения времени наступления минимума солнечного цикла

Абдусаматов Х.И.

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

Критерием определения времени наступления минимума 11-летнего цикла является минимум среднемесячных значений относительного числа солнечных пятен, сглаженных за тринадцать месяцев, и учет количества беспятенных дней. Однако этот традиционный метод, к сожалению, исходит из того, что главным параметром цикла является только пятнообразовательная деятельность Солнца. Более того, относительное число пятен количественно не отражает физику процесса циклических вариаций жизнедеятельности Солнца и является практически условным качественным параметром. К тому же, в нынешнем длительном глубоком минимуме 23 цикла появление пятен стало редким событием, а подсчет их относительного количества из-за очень низкой флуктуации числа пятен все более становится ненадежным количественным физическим параметром для определения времени наступления минимума солнечного цикла. Это указывает на необходимость поиска и ввода новых дополнительных критериев по определению времени наступления минимума цикла, основанных на прецизионных количественных измерениях глобальных физических параметров Солнца.

Ввод новых дополнительных критериев особенно актуален также и в связи с предстоящим дальнейшим спадом уровня двухвекового цикла, когда последовательно будет снижаться и амплитуда взаимокоррелированных вариаций пятнообразовательной и радиационной активности в нескольких последующих 11-летних циклах [1]. Ситуация с определением времени наступления минимума в этих циклах еще более усугубится в связи с еще большим падением числа пятен и из-за его околонулевой флуктуации в течение длительного времени в период минимума пятнообразовательной деятельности Солнца.

Известно, что 11-летние и двухвековые циклические вариации пятнообразовательной активности и интегрального потока излучения Солнца, являясь следствием одних и тех же глубоких процессов в его недрах, происходят синхронно и взаимокоррелированно как по фазе, так и по амплитуде. Поэтому в качестве новых дополнительных критериев определения времени наступления минимума цикла предлагается использовать прецизионный глобальный физический параметр, а именно минимальный уровень величины интегрального потока излучения Солнца в период минимума его 11-летней пятнообразовательной деятельности. Индикатором наступления минимума цикла служит время достижения минимального уровня среднемесячных значений величины потока солнечного излучения,

сглаженных за тринадцать месяцев, когда два последних его значения становятся больше предшествующей точки минимума. Определение времени наступления минимума цикла по минимальному уровню величины потока излучения оправдано еще и тем, что этот уровень целиком и количественно отражает физику процесса и не является практически условным «зашумленным» качественным параметром, как относительное число солнечных пятен.

[1] Абдусаматов Х. И // Кин. и физ. неб. тел, 2005, 21, № 6, с. 471.

Рост концентрации углекислого газа в атмосфере приводит к похолоданию

*Абдусаматов Х.И., Богоявленский А.И., Лаповок Е.В.,
Ханков С.И.*

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

Главным глобальным климатообразующим фактором является двух-вековое изменение солнечной постоянной. На сформированный солнечным воздействием тепловой режим Земли дополнительно влияет пропускание атмосферой теплового излучения земной поверхности. Проведено математическое моделирование влияния роста концентрации «парниковых газов» и, прежде всего, углекислого газа в атмосфере на изменение климата на основе численного решения системы уравнений, описывающих тепловой баланс системы земная поверхность — атмосфера — космическое пространство, составленный на основе разработанной макроскопической тепловой модели Земли как планеты.

В тепловом балансе основными определяющими параметрами являются: радиационные свойства подстилающей поверхности и атмосферы, эффективный коэффициент теплоотдачи от поверхности океана и суши к атмосфере с учетом испарительно-кондесационного массообмена, пропускание атмосферы в окнах прозрачности инфракрасного диапазона, поверхностные плотности мощности поглощаемого атмосферой и земной поверхностью солнечного излучения.

При уменьшении пропускания атмосферой собственного теплового излучения подстилающей поверхности ниже реализуемых в настоящее время значений увеличивается поглощаемая атмосферой удельная мощность, и этот прирост мощности в результате нелинейного переизлучения атмосферой в широком спектральном диапазоне в мировое космическое пространство приводит к итоговому понижению температуры атмосферы и

земной поверхности. Нарушение этой тенденции было бы возможным при нереальном балансе, когда величины поверхностной плотности излучаемой земной поверхностью мощности собственного теплового излучения превышали бы значения 50 Вт/м^2 , а также при поглощаемой поверхностью мощности солнечного излучения меньше 25 Вт/м^2 (реальные значения, соответственно, 20 и 165 Вт/м^2).

Полученные результаты относятся к средним глобальным температурам подстилающей поверхности и атмосферы при учете получаемой Землей мощности солнечного излучения. При отсутствии солнечной подсветки (на ночной части поверхности планеты), наоборот, с уменьшением пропускания атмосферы температура земной поверхности растет. При повышении пропускания температура поверхности уменьшается, а температура атмосферы возрастает, что соответствует известным опытным данным — заморозкам на почве при прояснении неба в ночное время. Однако усредненные по поверхности планеты температуры с учетом смены дня и ночи линейно убывают с уменьшением усредненного по поверхности пропускания атмосферы. Следовательно, повышение концентрации парниковых газов, в том числе углекислого газа в атмосфере, не может стать причиной глобального потепления, а наоборот, приведет к похолоданию.

Особенности трех- и пятиминутных колебаний микроволнового излучения активных областей Солнца по данным радиогелиографа Нобеяма

*Абрамов-Максимов В.Е.¹, Бажунина И.А.^{2,1},
Гельфрейх Г.В.¹, Шибасаки К.³*

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

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

³ Nobeyama Solar Radio Observatory, Minamisaku, Nagano, Japan

Анализ колебаний солнечных пятен с периодами в несколько минут проводится уже на протяжении нескольких десятилетий. Наиболее характерными и изученными по проявлениям в разных диапазонах волн являются трехминутные колебания, обычно присутствующие во всех пятнах и на всех уровнях их атмосферы. Радио наблюдения, особенно на радиогелиографе Нобеяма, открыли здесь новую страницу исследований, регистрирующих проявление колебаний в переходной области и нижней короне Солнца.

В нашей работе представлены результаты исследования колебаний микроволнового излучения Солнца с периодами в диапазоне 3-5 минут на частоте 17 ГГц, базирующегося на большом объеме наблюдательного материала, охватывающего несколько десятков полных дней наблюдений. Анализ выполнен на основе радиокарт Солнца, полученных на радиогелиографе Нобейма с двумерным пространственным разрешением $10''-15''$ в нестандартном режиме синтеза с временным интервалом между изображениями и временем усреднения 10 секунд. 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.

Проявление симпатических событий на Солнце 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: beam@gao.spb.ru

² Nobeyama Solar Radio Observatory, Minamisaku, Nagano, Japan

Под симпатическими явлениями на Солнце понимают такие события (вспышки, всплески), которые происходят с небольшим интервалом по времени в активных областях, удаленных друг от друга на значительные расстояния. Анализ таких событий открыл новые перспективы, как в исследованиях природы самих солнечных вспышек, так и структуры солнечной плазмы, в которой даже весьма удаленные активные области оказались физически связанными друг с другом. На радиогелиографе Нобейма с двумерным пространственным разрешением $10''-15''$ ярко выраженное проявление таких событий было обнаружено два года назад. Этот инструмент является наилучшим для подобных работ благодаря длинному (с 1992 года) ряду ежедневных (6-8 часов в день) однородных наблюдений с двумерным пространственным разрешением около $10''-15''$ и временным разрешением 1 сек. В данной работе представлены результаты развития этого направления.

Был проведен поиск и анализ симпатических явлений на Солнце в микроволновом диапазоне (17 ГГц) за период с 2002 по 2005 гг. Для построения временных профилей максимальных яркостных температур выбранных пятенных источников использовались радиокарты, синтезированные по специально разработанной методике с интервалом времени 1 минута и временем усреднения 10 секунд. Для обнаруженных случаев парных повышений радиоизлучения произведены оценки скоростей возмущающего агента, который мог быть причиной их взаимодействия. Обсуждается возможная физическая природа этих агентов.

Вызов солнечно-земной физике и перспективы ответа, позволяющего решить насущные проблемы

Авакян С.В.

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

Основу солнечно-земных связей составляют те факторы солнечной и геомагнитной активностей, которые не проникают до земной поверхности и могут непосредственно регистрироваться только с борта космического аппарата (КА). Это — коротковолновое ионизирующее излучение Солнца, различные корпускулы солнечного происхождения, это — корпускулярные выпадения из радиационных поясов и магнитосферы.

Поэтому, реальность влияния солнечно-геомагнитной активности на погодно-климатические характеристики, а также на биосферу, включая человека, можно объяснить только, если обнаруживается механизм передачи энергии, поглощенной в ионосфере, вниз — до земной поверхности. В серии наших работ предложен на основе ряда экспериментальных фактов, полученных другими авторами, такой новый радиооптический трехступенчатый триггерный механизм, связываемый с учетом возбуждения ридберговских состояний атмосферных газов. В результате этого возбуждения в ионосфере при электронном ударе (фотоэлектронами, вторичными и Оже-электронами) генерируется микроволновое излучение, свободно проникающее вниз, и способное влиять на кластерообразование в тропосфере. Но для построения модели солнечно-земных связей по этому механизму необходимо знание полного спектра солнечного ионизирующего излучения, а не отрывочные сведения о потоках в отдельных диапазонах, или интенсивных линиях. Совершенно неприемлемыми представляются предложения рассчитывать потоки солнечного ионизирующего излучения по данным ионосферного наземного радиозондирования. Такие предложения (в основном от отечественных ученых и организаций) подтверждают

назревшую необходимость решить вопрос об осуществлении постоянного (включая периоды солнечных вспышек) мониторинга потока ионизирующего излучения от всего диска Солнца. Ни один из существующих космических экспериментов, включая самый информативный из них — на КА TIMED, США, не дает таких перманентных данных. В то же время уже несколько лет создана оптико-электронная аппаратура ГОИ — «Постоянный Космический Солнечный Патруль (ПКСП)», в 2009 году руководство Роскосмоса объявило о всемерной поддержке и мировом приоритете нашего космического эксперимента, о возможности его реализации на отечественных КА с солнечно-синхронной орбитой. Есть предложения от ГАО РАН на научное, а от ИПГ Росгидромета на научно-техническое сопровождение данного эксперимента. Важно подчеркнуть, что попутно получаемой информацией от Радиометров ПКСП (комплекта для измерения фона) является постоянная регистрация также практически отсутствующих до настоящего времени величин и пич-углового распределения потоков кэВ-электронов, выпадающих из радиационных поясов в периоды геомагнитных возмущений, включая все магнитные бури.

Следовательно, запуск в космос аппаратуры ПКСП, созданной в ВНИЦ ГОИ им. С.И. Вавилова, позволяет решить проблемы инструментального контроля всех параметров солнечных вспышек и геомагнитных бурь, способных влиять на погодно-климатические характеристики, включая глобальное потепление, а, возможно, и на биосферу, включая человека. В совокупности с разрабатываемыми в настоящее время моделями воздействия солнечно-геомагнитной активности на окружающую нас среду, научное сообщество, прежде всего астрономического направления, будет готово к прогнозированию космофизических проявлений в повседневной жизни.

Изменения климата под воздействием факторов солнечно-геомагнитной активности и ГКЛ

Авакян С.В., Воронин Н.А.

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

Целью данной работы является развитие идеи об управлении современным климатом со стороны прежде всего совокупности всех основных космических факторов, тесно связанных с солнечной variability.

Приняты во внимание результаты уже проведенных исследований по наличию устойчивых корреляций погодноклиматических явлений с интенсивностью потока ГКЛ, с уровнями солнечной и геомагнитной активностей. Учитывается предложенный в этих работах оптический механизм - влияние ГКЛ и СКЛ на прозрачность тропосферы и стратосферы, а также введенный нами новый — радиооптический (микроволновый) трехступенчатый триггерный механизм регулирования процесса кластерообразования в тропосфере во время солнечных вспышек и геомагнитных бурь. Микроволны генерируются в ионосфере в переходах между ридберговскими уровнями и могут влиять на кластерообразование.

В данной работе представлены известные и новые характеристики трендов электромагнитной солнечной активности, геомагнитной активности и интенсивности потока ГКЛ на протяжении как всей эпохи современного этапа глобального потепления, так и в не-скольких последних одиннадцатилетних циклах солнечной изменчивости. Предложено учитывать вклад вековых (квазистолетного и квазидвухсотлетнего) циклов активности Солнца, результатом которого явилась смена знаков в направлениях изменений всех на-званных космических факторов в текущее десятилетие. Изучение тенденций в поведении ряда основных тропосферных характеристик также показало изменение их знаков в последние несколько лет. Это исследование важно для понимания роли природного компонента в глобальном изменении климата в сравнении с вкладом непрерывно возрастающего давления века индустриального бума. При этом получено отчетливое проявление суммарного вклада вековых трендов солнечной (электромагнитной) и геомагнитной (корпускулярной) активностей в тенденцию изменения тропосферных характеристик.

Показано, что действие на погодно-климатические характеристики вспышек и бурь может отличаться от действия ГКЛ. Влияние на климатические характеристики осуществляется через изменение облачности: разогревающих оптически тонких облаков верхних ярусов при воздействии солнечно-геомагнитной активности, и охлаждающих облаков большой оптической толщины при воздействии увеличенного потока ГКЛ. Получено, что все рассмотренные нами космические факторы влияния на глобальную среднюю температуру приземного воздуха к настоящему времени изменяются так, что это ведет к охлаждению климата.

Итак, в работе показывается, что в глобальных климатических изменениях наступил но-вый период, связанный с вековой изменчивостью активности Солнца, способствующий замедлению процесса потепления климата. Это уже подтверждается мировой метеорологической сетью по данным за 2008 год: Japan Meteorological Agency, 2008; GISS Surface Temperature, 2008.

**Влияние короткопериодных вариаций интенсивности
космических лучей на эволюцию барических систем
умеренных и средних широт**

Артамонова И.В.¹, Веретененко С.В.²

¹ Санкт-Петербургский Государственный Университет,
С.-Петербург, e-mail: artirin@yandex.ru

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

Исследованы короткопериодные вариации атмосферного давления в районе Северной Атлантики, Скандинавии и Европейской части России во время резких понижений интенсивности галактических космических лучей (ГКЛ), известных как Форбуш-понижения. Обнаружен значительный рост давления над Скандинавией и севером Европейской части России с максимумом на 3-4 день относительно дня начала Форбуш-понижения. Показано, что повышение давления в указанном регионе наблюдается вследствие формирования блокирующего антициклона в области климатического положения арктического фронта и резкое замедление движения Северо-Атлантических циклонов в восточном направлении. Предполагается, что частицы ГКЛ, выпадающие в областях климатического положения Арктического (частицы с энергиями $E \sim 20-80$ МэВ) и Полярного (частицы с энергиями $E \sim 2-3$ ГэВ) фронтов, могут быть вовлечены в процессы изменения структуры термобарического поля, которые, в свою очередь, оказывают влияние на эволюцию циклонов и антициклонов в данных регионах.

**Северо-южная асимметрия широтного распределения
солнечных пятен**

Бадалян О.Г.

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

Временные изменения и северо-южная асимметрия среднемесячные широт групп пятен за 1874-2008 гг изучаются по данным Гринвичского каталога. Во временном ходе широт пятен в северном и южном полушариях

отчетливо выражен 11-летний период и его гармоника, возможно, несколько лучше, чем для площадей пятен. Рассмотрена северо-южная асимметрия среднемесячных широт групп пятен, определенная как разность между абсолютными значениями этой величины в северном и южном полушариях. Проведен спектрально-временной анализ широтного распределения пятен и его результаты сопоставлены с данными об асимметрии площадей и числа пятен.

Сигнатура и модуль северо-южной асимметрии солнечной активности

Бадалян О.Г., Обриджко В.Н.

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

Северо-южная асимметрия площадей солнечных пятен за 1874-2008 гг. рассматривается как произведение двух функций. Первая функция – знак асимметрии (сигнатура), вторая – ее абсолютная величина (модуль). Оказалось, что сглаженный временной ход функции знака асимметрии очень близок к временному изменению самой асимметрии, определяемой как $A = (N - S)/(N + S)$, где N и S – значения соответствующих индексов активности для северного и южного полушарий. Периодограмма функции знака асимметрии практически совпадает с периодограммой самой асимметрии. В обеих периодограммах 11-летний цикл выражен слабо. Показано, что знак несет основную информацию о временном изменении асимметрии.

В абсолютном же значении асимметрии площадей и числа пятен выделяется 11-летний период в той же мере как в исходных индексах. Периодограммы абсолютных значений асимметрии очень близки к периодограммам самих исходных индексов.

Таким образом, основные свойства асимметрии, определяются ее знаком, абсолютное значение асимметрии в основном определяется циклическими вариациями исходных индексов.

Долгопериодные колебания микроволнового излучения солнечных пятен в интенсивности и поляризации

*Бакунина И.А.^{1,2}, Абрамов-Максимов В.Е.²,
Соловьёв А.А.²*

¹ФГНУ НИРФИ, Нижний Новгород, e-mail: rinbak@mail.ru

²ГАО РАН, С.-Петербург, e-mail: beam@gao.spb.ru

Исследованы колебания микроволнового излучения 8 крупных пятен в неспышечных активных областях (2002–2007 г.г.) по данным радиогелиографов NoRH (17 ГГц) и ССРТ (5.7 ГГц) в параметрах Стокса I, V и степени поляризации $p=V/I$ (всего 23 дня наблюдений). Обнаружены различия спектров колебаний в интенсивности и поляризации для большинства дней наблюдений. Обсуждаются возможные причины данного эффекта.

Исследование колебаний микроволнового излучения Солнца с помощью радиогелиографов: проблемы, методы, результаты

*Бакунина И.А.^{1,2}, Абрамов-Максимов В.Е.²,
Соловьёв А.А.², Накаряков В.М.³, Тихомиров Ю.В.¹,
Мельников В.Ф.^{2,1}, Наговицын Ю.А.²*

¹ФГНУ НИРФИ, Нижний Новгород, e-mail: rinbak@mail.ru

²ГАО РАН, С.-Петербург, e-mail: beam@gao.spb.ru

³University of Warwick, UK, e-mail: V.Nakariakov@warwick.ac.uk

Радиогелиографы, позволяющие получать двумерные изображения Солнца с высоким пространственным разрешением, открыли новые перспективы в исследовании колебаний локализованных участков солнечной атмосферы, в частности, солнечных пятен, межпятенных источников, участков спокойного Солнца. Но новые перспективы ставят задачу разработки новых подходов и методов, учитывающих как сложность самого явления квазипериодических осцилляций, так и сложность интерференционной картины принимающего излучение инструмента (нестационарность временных рядов — изменчивость периодов и амплитуд солнечных колебаний, влияние диаграмм направленности (суточные тренды и др.), особенности антенно-приёмных трактов, рефракция и пр.). В данной работе обсуждаются проблемы и результаты, полученные авторами при исследовании как колебаний в радиоисточниках, связанных с пятнами (NoRH, 17 ГГц, ССРТ, 5.7 ГГц), так и колебаний спокойного Солнца

(NoRH, 17 ГГц), обсуждается метод стационаризации временных рядов, метод кросскорреляции временных рядов, полученных при использовании изображений Солнца от всего радиогелиографа и средних корреляционных амплитуд от длиннбазовых двоек интерферометра («коррплотов», NoRH, 17 ГГц), вейвлет-спектры автокорреляционных функций, оценки достоверности полученных результатов.

О природе короткопериодных изменений магнитного поля солнечных пятен

Баранов А.В.

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

В 1949 году были найдены плавные изменения H со скоростью 20-30 Гс/час и указано на возможность изменений H со скоростями до 200 Гс/час. Последующие измерения данный факт подтвердили. Но реального физического механизма процесса не предложено. Нами показано, что изменение температурного градиента с высотой может существенно изменить профили Стокса спектральных линий. Прямые расчеты показали, что профили Стокса линий могут меняться для разных моделей активного образования. Кроме того, известно, что верхние слои фотосферы и хромосфера пятна подвергаются значительному нагреву, который меняет температурное распределение по высоте. Исходя из этого, мы решили провести численное решение системы уравнений Унно для ряда моделей солнечных пятен, поскольку можно предполагать, что различия между известными моделями солнечных пятен реальны и отражают физические условия в пятне на том или ином этапе развития. Поскольку обнаружен разогрев верхних слоев фотосферы пятна, можно задать зависимость температуры с высотой, почти одинаковую в нижней и средней фотосфере, но заметно отличающуюся в близких к хромосфере слоях.

Рассчитаны профили линия FeI 630.2 нм, в моделях пятен Книра, Цвана и Стельмахера-Вира, температурное распределение в которых изменялось с высотой разным образом. Расчеты приведены для величин $H=2340$, 2600 и 2860 Гс.

При $H=2340$ Гс рассмотрение профилей в спектрах круговых поляризаций показывает, что расстояние рассматриваемых максимумов от центра линии для всех вариантов моделей показывает близкую картину постоянства расстояния от центра линии. При больших H начинаются искажения профилей, которые не позволяют определять величину H обычным методом. При $H=2600$ Гс при изменениях моделей пятна анализ профилей

право- и левокруговой поляризаций показывает удаление максимума профиля круговой поляризации на 260 Гс. Такая же величина различий определяется и при $H=2860$ Гс. В принципе, это и есть характерные изменения величины магнитных полей при измерениях их временных вариаций.

Лучевые скорости, найденные по триплетным магнитоактивным линиям, в спектре солнечного пятна

Баранов А.В., Лазарева Л.Ф.

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

Анализ профилей круговой поляризации и остаточных интенсивностей линий в спектре солнечного пятна группы 289 СД от 03.08.89 г. показывает, что в пятне есть компоненты с малым магнитным полем и большими лучевыми скоростями. Наиболее надежно выявляется картина, получаемая по триплетным линиям FeI 627.0 и 630.2 нм. Линия FeI 630.2 нм ввиду ее большого расщепления имеет искажения внутри профиля интенсивности и неискаженное фиолетовое крыло. Бралась точка профиля с одинаковой остаточной интенсивностью в крыльях линии, близкие к уровню непрерывного спектра. Середина расстояния между точками принималась за центр линии. Относительно него выделялся движущийся компонент. Линия FeI 627.0 нм имеет фактор Ланде $g=0.5$ и ее фиолетовое крыло имеет большую глубину, чем красное а центр линии находился по ее ядру.

Анализ показал, что есть несколько потоков вещества, искажающих профили линии FeI 627.0 нм. Первый, в основном в полутени, характеризуется скоростями подъема около 1 км/сек. Второй, находящийся дальше в крыле, имеет особенности, близкие к классическому эффекту Эвершеда, со скоростями 2.0-3.7 км/сек. Третий поток направлен в другую сторону и имеет характерные скорости движения от -4.4 до -5.5 км/сек. И, наконец, есть определенные указания на поток того же знака, что и эвершедовские движения, но имеющий скорости 6.5-7 км/сек.

В линии FeI 630.2 нм первый поток имеет скорости подъема около 1 км/сек в большей части пятна, но со стороны центра пятна скорость имеет другой знак. Второй поток соответствует обратному эффекту Эвершеда и имеет характерные скорости от -2.8 до -4.6 км/сек. Следующий поток проявляется слабее, в основном соответствует обратному эффекту Эвершеда и имеет скорости от -5 до -6.5 км/сек, хотя в некоторых точках пятна имеет обратный знак. Явно проявляется четвертый пик со скоростями от 7 до 9.8 км/сек, хотя в некоторых точках пятна скорость имеет обратный знак.

**Сравнительный анализ эволюций спектра
микроволнового излучения из вершины
и оснований вспышечной петли**

Баринов А.В.¹, Мельников В.Ф.^{1,2}

¹*ФГНУ НИРФИ, ННГУ им. Лобачевского, Нижний Новгород
e-mail: medved-olympic89@mail.ru*

²*Главная астрономическая обсерватория РАН, С.-Петербург*

Целью данной работы является сравнение динамики частотного спектра излучения из различных частей солнечных вспышечных петель на основе данных наблюдений радиогелиографа Nobeyama, обладающего высоким пространственным разрешением (10" на 17 ГГц и 5" на 34 ГГц).

В работе представлены результаты анализа двух событий: 22 августа 2005 года и 27 октября 2003 года. В этих событиях вспышечные петли были хорошо разрешимы радиогелиографом Нобеяма. Анализ наблюдений показал, что в обоих рассматриваемых событиях происходит уплощение частотного спектра на фазе роста во всех выбранных участках петли. В событии 22.08.2005 в основаниях оно продолжается и на части фазы спада всплеска, которая одновременно является фазой роста всплеска в вершине. Эта особенность обусловлена наличием больших временных задержек (50-100 с) максимумов излучения из вершины относительно максимумов в основаниях на обеих частотах. Момент прекращения уплощения спектра совпадает по времени с максимумом излучения из вершины. На фазе спада всплеска излучения из вершины наклон спектра практически стабилен. В событии 27.10.2003 временные задержки максимумов излучения из вершины относительно излучения из оснований отсутствуют, а уплощение спектра прекращается одновременно всюду в петле.

Очевидно, что эволюция частотного спектра излучения определенным образом связана с кинетикой нетепловых электронов во вспышечной магнитной петле, в частности, с местом их инжекции и перераспределением вдоль петли. Рассмотрены конкретные причины обнаруженных особенностей.

Долгопериодные вариации климата, солнечной активности и вулканической деятельности

Барляева Т.В., Понявин Д.И.

*Институт Физики, Санкт-Петербургский Госуниверситет,
e-mail: TVBarlyueva@gmail.com*

С помощью вейвлет спектрального анализа исследуются долгопериодные вариации климата по инструментальным и реконструированным рядам данных. Время появления значимых квазипериодичностей сопоставляются с появлением аналогичных сигналов в солнечной и вулканической деятельности. Анализируются когерентность и фазовые соотношения между климатическими рядами и внешними факторами с целью установления причинно-следственной связи или случайности совпадений. Показано, что в ряде случаев, появление значительных колебаний климата может быть вызвано комбинированным действием солнечной и вулканической деятельности. Установлены регионы максимальной variability климата и зоны когерентности внешних и внутренних сигналов.

Солнце и климат Земли

Башкирцев В.С., Машнич Г.П.

*Институт солнечной-земной физики, Иркутск,
e-mail: mashnich@iszf.irk.ru, e-mail: vsb@iszf.irk.ru*

Показано, что изменение альбедо Земли, обусловленное вариациями облачности, достаточно для обеспечения наблюдаемых вариаций глобального климата Земли. В свою очередь изменения облачности, вероятнее всего, связаны с солнечной активностью. Все современные изменения глобального климата Земли хорошо объясняются естественными причинами и не требуют привлечения антропогенных факторов.

Dynamics of the magnetic field in Cycle 23 from SOHO/MDI data

Benevolenskaya E.E.

*Pulkovo Astronomical Observatory, St. Petersburg, 196140, Russia
Stanford University, Stanford, CA 94305, USA,
e-mail: elena@sun.stanford.edu*

Since December 1995 Michelson Doppler Imager (MDI) on a board of the Solar and Heliospheric Observatory (SOHO) provides the full disk magnetograms and synoptic maps which, practically, covered the period of the solar cycle 23. Here, I discuss the following topics which related to the uniform SOHO/MDI time series. Synoptic structure of the solar cycle; birth of the Solar Cycle (overlapping cycles 23 and 24); relationship of the photospheric magnetic activity and EUV solar corona; polar magnetic field and dynamo theory.

Поток тепла как источник ионно-звуковых колебаний 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*

В рамках модельных расчетов показана возможность возбуждения ионно-звуковых колебаний потоками тепла в плазме. Обсуждается вероятное влияние ионно-звуковых колебаний на формирование температурных перепадов при критических потоках тепла. Величина критического потока тепла соответствует известным экспериментальным данным о потоке тепла и переходную область солнечной атмосферы.

Показана возможность реализации неустойчивости ионно-звуковых колебаний в плазме без тока и потоков частиц, но с анизотропной функцией распределения, отвечающей потоку тепла. Модельная функция распределения была выбрана с учетом условий, накладываемых на потоки вещества и тепла. Инкремент нарастания ионно-звуковых колебаний исследован как функционал от параметров функции распределения. В результате установлено пороговое условие для анизотропной части функции распределения, при котором начинается нарастание ионно-звуковых колебаний с волновыми векторами против потока тепла. Определен критический поток

тепла, отвечающий порогу ионно-звуковой неустойчивости. Для солнечных условий критический поток тепла оказался близок к величине потока тепла из короны в хромосферу на границе переходной области. Проведенные оценки показывают, что вне активных областей и даже в активных областях не с самыми сильными магнитными полями ионно-звуковая турбулентность может быть ответственна за формирование резкого температурного перепада.

- [1] Беспалов П. А., Савина О. Н. Поток тепла как источник ионно-звуковых колебаний в переходном слое солнечной атмосферы // Письма в АЖ, 2009, т. 35, № 5, с. 382-388.

О нелинейных режимах развития солнечной активности

Биленко И.А.¹, Иванов-Холодный Г.С.², Ковалев В.А.²

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

² *Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения
радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН, Троцук,
e-mail: vik91250902@narod.ru*

На основе анализа усредненных среднемесячных значений чисел Вольфа и потока радиоизлучения $F_{10.7}$ в работе показана существенная роль нелинейности в развитии солнечной активности. Обнаружены волны ускорения и замедления активности длительностью от нескольких месяцев до нескольких лет. В рамках диффузной модели ускоренный характер активности связывается со взрывным режимом, обусловленным нелинейным источником.

Солнечные магнитные аркады: механизм формирования МГД-центробежной неустойчивостью

Бисенгалиев Р.А., Мусцевой В.В.

*Калмыцкий государственный университет, Элиста,
e-mail: rinus5637@mail.ru, e-mail: vvmusts@mail.ru*

В данной работе мы предлагаем механизм образования начальной равновесной конфигурации типа магнитной аркады с вращательными движениями плазмы, центробежную неустойчивость, развивающуюся в спокойных волокнах, всплывающих из подфотосферных слоев.

В качестве идеализированной модели такого плотного и холодного волокна мы будем рассматривать вращающийся цилиндрический слой, в котором скорость и магнитное поле имеют только азимутальную составляющую; в остальном пространстве плазма покоится, а магнитное поле направлено вдоль образующей цилиндра.

Численное решение показывает, что развиваются два семейства неустойчивых мод, одно из которых обусловлено гироскопическим резонансом, а второе — фазовым резонансом быстрых магнитозвуковых волн (БМЗВ) во внешней среде. Показано, что происходит фрагментация изначально целого цилиндра на отдельные арки с периодом вдоль образующей аркады, примерно равным радиальной толщине цилиндрического слоя. Кроме того, результат развития неустойчивости из-за резонанса внутренних собственных мод цилиндра и внешних БМЗВ должен приводить к визуальному увеличению внешнего радиуса аркад. Взаимодействие собственных мод гироскопического типа и мод БМЗВ способно приводить к биениям, формирующим тонкую внутреннюю структуру арок.

Таким образом, можно заключить, что в предлагаемом нами сценарии, развитие неустойчивости уже на линейной стадии приводит к морфологии, хорошо согласующейся с наблюдаемой в реальных солнечных аркадах.

**Сопоставление радиоастрономических измерений
магнитного поля в активных областях на Солнце
с результатами его реконструкции
по фотосферным полям**

Богод В.М.¹, Ступишин А.Г.², Яснов Л.В.²

¹ *Специальная астрофизическая обсерватория, С.-Петербург,
e-mail: vbog@sao.ru*

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

В работе используются многоволновые наблюдения на радиотелескопе РАТАН-600 поляризованного радиоизлучения активных областей в микроволновом диапазоне для определения структуры магнитного поля активных областей на корональных высотах. Магнитные поля напряженностью около 1000 Гаусс находятся на достаточно больших высотах в атмосфере Солнца (от 10 до 25 т.км), что хорошо подтверждается наблюдения магнитных петель в ультрафиолете, а также соответствует предыдущим радиоастрономическим измерениям магнитного поля на уровне переходной области. В некоторых случаях наблюдается винтовая структура магнитного поля.

Для исследуемых активных областей выполнена реконструкция структуры магнитного поля в верхней атмосфере в приближении линейного бессилового поля [1]. Для сравнения с результатами радиоизмерений выбиралась силовая линия, исходящая из области с максимальной напряженностью магнитного поля на фотосфере. Показано, что направление наклона силовой трубки, полученное из радиоизмерений соответствует таковому, полученному путем реконструкции, хотя степени наклона сильно отличаются. Это может быть связано с тем, что эффективное излучение не обязательно должно наблюдаться из области силовой линии с максимальной напряженностью на фотосфере и необходимо учитывать вклад соседних линий, имеющих больший наклон. Возможно, что расхождение также связано и с тем, что структура магнитного поля может быть гораздо более сложной, чем получаемая в простом линейном бессиловом приближении. Радиоастрономический метод приводит и к более высоким напряженностям магнитного поля на больших высотах в атмосфере активной области.

[1] Seehafer, N.// Solar Phys., 1978, 58, 215.

Особенности поляризованного радиоизлучения активных областей на Солнце

Богод В.М.¹, Яснов Л.В.²

¹ *Специальная астрофизическая обсерватория, С.-Петербург,
e-mail: vbog@sao.ru*

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

Спектральный-поляризационный анализ источников радиоизлучения во вспышечно-активных областях прошедшего максимума активности показал наличие ряда новых спектральных свойств [1]. Здесь мы указываем на еще одну особенность, проявляющейся в середине сантиметрового диапазона в виде понижения интенсивности и появления провалов в спектре поляризации, вплоть до образования двух максимумов по краям этого диапазона. В ряде активных областей проявляется резкое уменьшение интенсивности поляризованного излучения в диапазоне дециметровых волн (2-4 ГГц), а в некоторых случаях имеет место и незначительная смена знака поляризации.

В рамках модели петли в виде горячего тора [2] проведены расчеты ожидаемых особенностей спектров источников, которые подтверждают хорошее качественное соответствие рассчитанных и наблюдаемых спектров излучения. Неглубокая двойная инверсия поляризации в области минимума поляризованного излучения в рамках данной модели связывается с уменьшением корональной температуры с высотой. Детали полученных спектров показывают, каким образом при наличии полной информации о спектре и поляризации микроволнового излучения источника можно было бы вести диагностику физических условий в корональной петле. Для ряда активных областей получены такие параметры горячей области в источнике излучения, как напряженность магнитного поля (360-450 Гс) и произведение градиента магнитного поля на поперечный размер этой области (0.26-0.63). Показано, что на эти характеристики в силу незначительных поперечных размеров петли существенно не сказывается модель магнитного поля.

[1] В.М. Богод, С.Х. Тохчукова, Письма в АЖ, **29**, №3, 305, (2003).

[2] Е.Я. Злотник, Т.И. Кальтман, О.А. Шейнер., Письма в АЖ, **33**, №2, 1, (2007).

Структура и развитие внепятенных солнечных вспышек

Боровик А.В., Мячин Д.Ю.

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

Рассматриваются морфологические особенности развития внепятенных вспышек и их связь с магнитным полем. В отличие от крупных вспышек активной области внепятенные вспышки отличаются крупномасштабным характером развития. Внепятенные вспышки могут происходить как вблизи от линии раздела полярностей продольной составляющей магнитного поля, так и на значительном расстоянии от неё, при этом расхождение лент, может не наблюдаться. Магнитное поле и его топология, а также ячеистая структура хромосферы играют определяющую роль в развитии внепятенных солнечных вспышек. Практически все узлы и яркие части вспышек располагаются в непосредственной близости от магнитных холмов.

Сравнительный анализ долговременных изменений хромосферного и фотосферного излучения Солнца и других активных поздних звезд

Бруевич Е.А.¹, Исаева А.А.²

¹*ГАИШ МГУ, Москва, e-mail: red-field@yandex.ru*

²*Физический факультет МГУ, Москва, e-mail: isaeva-aa@yandex.ru*

Продолжается изучение проблемы положения солнечной активности среди активных звезд поздних спектральных классов. В отличие от прежних работ это рассмотрение основано как на новых наблюдениях звезд НК-проекта [1], так и на сведениях о поверхностной активности многих звезд, обнаруженной при выполнении программы поиска планет [2]. Поток фотосферного и хромосферного излучения звезд НК-проекта показывают разнонаправленные вариации в оптическом континууме и в хромосферных линиях H и K CaII (S-индекс). Часть звезд (группа I — «прямая» зависимость, сюда входит и Солнце) характеризуются однонаправленными вариациями в фильтре V и в хромосферных линиях. Иначе говоря, фотосферное излучение (или солнечная постоянная) коррелируют с S-индексом на временных шкалах в 3–20 лет. Другая часть звезд (группа II

— «обратная» зависимость) характеризуется противоположно направленными вариациями в континууме и в хромосферных линиях. Коэффициенты положительной и отрицательной корреляции для некоторых звезд оказываются достаточно высокими (до 0.7), хотя в остальных случаях такая статистическая связь практически отсутствует. Ранее было высказано предположение о том, что знак корреляции каким-то образом связан с очень небольшим различием возраста звезд, сказывающемся только на характере активности. Для проверки этой гипотезы мы построили зависимость индекса хромосферной активности для 850 активных звезд от их спектрального класса. Здесь выявляется тенденция, что звезды с антикорреляцией, характеризующиеся, как правило, более высокой, но менее регулярной активностью, располагаются на рисунке между членами скопления в Гиадах и множеством звезд со слабой активностью (включая Солнце). Обсуждается также вопрос об относительном вкладе пятен и фотосферных и хромосферных факелов в долговременные изменения потоков излучения.

Работа поддержана грантом № 09-02-01010 РФФИ.

- [1] Lockwood G. W., Skiff B. A., Henry G. W., Radic R. R., Baliunas S. L., Donahue R.A., Soon W. // (astro-ph/0904061)
- [2] Wright J. T., Marcy G. W., Butler R., Vogt S. S/ // (astro-ph/0406178)

Циклы активности Солнца и звезд на 11-летней и квазидвухлетней временных шкалах

Бруевич Е.А., Кононович Э.В.

ГАИШ МГУ, Москва, e-mail: red-field@yandex.ru

Результаты обработки временных рядов основных индексов солнечной активности сравниваются с новыми наблюдениями вариаций потоков фотосферного и хромосферного излучения 35 звезд «НК-проекта», полученными в течение последних 20 лет. У этих звезд помимо ранее известной, аналогичной 11-летней солнечной цикличности, выявлена цикличность, подобная квазидвухлетней (КДВ) солнечной.

Статистический анализ показал, что средние длительности КДВ-циклов для изучаемой выборки звезд заключены в пределах от 2,2 до 3,1 года. У звезд с отчетливо выраженными циклами, аналогичными 11-летним солнечным, кривые блеска, описывающие потоки излучения от фотосфер и в хромосферных линиях, имеют двухвершинную форму в области максимума цикла, типичную для Солнца.

Работа поддержана грантом № 09-02-01010 РФФИ.

Эффекты космической погоды в шумах полупроводниковых структур

Брунс А.В., Владимирский Б.М.

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

В спектрах мощности вариаций токов р-п-переходов, измеряемых длительное время на стандартных микросхемах в условиях высокой стабильности (установка «Экзакт», см. Изв. КрАО, т. 103, №4, с. 314–325) обнаружена суточная вариация. С помощью специально разработанной процедуры обработки проанализированы данные, относящиеся к спокойным космофизическим условиям (2006-2007 гг.). Найдено, что для зимнего сезона параметры суточной вариации зависят от знака радиальной составляющей межпланетного магнитного поля — максимум дисперсии шумов приходится на полуденное время для положительной полярности, на полуночное — для отрицательной. В дни смешанной полярности амплитуда суточной вариации значительно уменьшается. На границах секторов межпланетного поля изменения ее параметров происходит скачкообразно. Выявленные феноменологические закономерности, вероятно, свидетельствуют о влиянии на шумы полупроводниковых структур слабых фоновых электромагнитных полей диапазона экстремально низких частот. Эти эффекты, возможно, позволяют понять загадочное возрастание риска аварийности на авиации в дни прохождения через планеты границ секторов межпланетного магнитного поля.

Секторная структура и солнечный ветер в минимуме 23 цикла

Вальчук Т.Е.

*ИЗМИРАН им. Н.В. Пушкова РАН, г. Троицк Московской обл.,
e-mail: valchuk@izmiran.ru*

Протекание минимума солнечной активности (СА) 23 цикла исследовано на материалах 2006-2008 г.г. и текущего 2009 г. Особенности пролонгированного минимума рассмотрены по данным КА в околоземном космосе (Wind, ACE, SOHO) с привлечением наземных наблюдений — как солнечных, так и геофизических характеристик. Ретроспективный анализ хода СА и разброс опубликованных прогнозов указывают на недостаточность привычных оценок. Отступление от правила Гневышева-Оля

говорит о смене тенденции по данным чисел Вольфа W , но т.к. W физической величиной не является и множественные проявления СА представляет сугубо в общих чертах, следует обратиться к исследованию вариаций глобальных физических характеристик. Именно они очень интересны в период минимума, т.к. гелиосферный плазменный слой (ГПС) и связанные с ним вариации секторной структуры (СС) межпланетного магнитного поля (ММП) структурно организованы, а высокоскоростные потоки солнечного ветра (СВ) из корональных дыр являются наиболее заметным проявлением СА, понимаемой как непрерывность трансформаций энергии на Солнце. Фрактальные оценки процессов, производимые на временных рядах физических характеристик СА, позволяют оценивать масштаб явлений на диске Солнца и вариации, связанные с изменением энергетики процессов на фотосфере, в короне и СВ. Объектом изучения в работе послужил СВ в околоземном космосе, вне магнитосферных пределов. Обнаруженные вариации фрактальной размерности четко определяют структуру крупномасштабных плазменных истечений, которая в минимуме цикла обнаруживает предельное уплощение ГПС и переход от 4-х секторной структуры ММП к 2-х секторной структуре в 2008 году. Динамика СС в последовательных Кэррингтоновских оборотах имеет псевдоаномальный характер, когда доминируют потоки СВ выделенной преимущественной полярности. Это объясняется трансформацией крупномасштабных фоновых магнитных полей при предельно уплощенной конфигурации ГПС в минимуме.

Atmosphere circulation epoch change in the beginning of XXI century

Val'chuk T.E.¹, Kononova N.K.²

¹*Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio
Wave Propagation Russian Academy of Sciences,
e-mail: valchuk@izmiran.ru*

²*Institute of Geography Russian Academy of Sciences,
e-mail: NinaKononova@yandex.ru*

The atmosphere circulation is the main mechanism of climate change. In the work we use the classification of Northern Hemisphere atmospheric circulation developed by B.L. Dzerdzeevskii with collaborators. In this classification 41 elementary circulation mechanisms (ECM) reflect all variety of Northern Hemisphere atmospheric processes. Analysis of the long-term series of annual duration of zonal, northern meridional and southern meridional circulation groups from 1899 to present, which has been carried out in Institute of Geography RAS, has shown presence of 3 circulation epochs: northern meridional

(1899-1915), zonal (1916-1956) and southern meridional (1957 to present). However since 1998 duration of meridional southern processes began quickly to decrease, and meridional northern to increase, therefore by 2007 duration of both groups appeared above average. Such parity of circulation groups was marked in 1957-1969. This period is known for some downturn of average global air temperature. Not casually researches have been dated for this period under the program of the International Geophysical Year. Change of a ratio of meridional southern and northern groups is reflected in a parity of cyclonic and anti-cyclonic circulation in any region, in particular, in Arctic regions. Recently duration of high pressure in North Pole increases. Our results were considered in connection with solar cycle recurrence and geomagnetic activity. The solar cycles 20-23 (the last southern meridional epoch) demonstrate the different character of fluctuation of northern meridional and southern meridional circulation groups in even and odd cycles. southern meridional circulation group growth in 19,20,21 and 22 cycle minima, the sharp decrease we look only in last years in 23-th deep solar minimum. Now solar and geomagnetic activities are very low. If the tendency will be steady – northern meridional epoch will be prevail.

Влияние гамма-излучения на ионизацию атмосферы

Васильев Г.И.¹, Остряков В.М.², Павлов А.К.¹

¹ *Физико-технический институт им. А.Ф.Иоффе, С.-Петербург,
e-mail: Gennady.Vasilyev@pop.ioffe.rssi.ru*

² *Государственный политехнический университет, С.-Петербург,
e-mail: Valery.Ostryakov@pop.ioffe.rssi.ru*

На базе современного кода GEANT4 рассчитана скорость образования пар ионов в земной атмосфере в зависимости от высоты над уровнем моря, вызванная потоком гамма-лучей у её границы. Этот поток может быть обусловлен солнечной вспышкой, вспышкой близкой сверхновой или мощным космическим гамма-всплеском. Наши прежние расчеты включали в себя только влияние электронов и тяжёлой компоненты космических лучей [1]. Обсуждается возможная связь повышенного ионообразования с изменением фотохимического равновесия в атмосфере и глобальным климатом нашей планеты.

- [1] Pavlov A.A., Pavlov A.K., Mills M.J., Ostryakov V.M., Vasilyev G.I., Toon O.B. // Geophys. Res. Lett., 2005, v.32, L01815.
- [2] Vasilyev G.I., Ostryakov V.M., Pavlov A.K. // J. Atmos. Sol.-Terr. Phys., 2008, v.70, p.2000.

**Долговременные циклы солнечной активности
по данным о ^{10}Be за последние 10 тыс. лет**

Васильев С.С.¹, Дергачев В.А.²

Физико-технический ин-т им. Иоффе РАН, Санкт Петербург

¹*e-mail: sergey.vasiliev@mail.ioffe.ru*

²*e-mail: v.dergachev@mail.ioffe.ru*

Радиоизотоп ^{10}Be образуется в результате взаимодействия космических лучей с нуклидами атмосферы Земли. Концентрация ^{10}Be в датированных природных архивах хранит информацию об истории солнечной активности, изменении геомагнитного поля и климата. Скорость образования ^{10}Be определяется напряженностью геомагнитного поля и состоянием солнечной активности.

В работе использованы данные по концентрации ^{10}Be в керне, полученном при бурении ледника в центральной части Гренландии (GRIP) на широте 72° . Данные по ^{10}Be проекта GRIP представляют собой измерения концентрации в слоях переменной толщины.

Получена периодограмма данных по ^{10}Be для проекта GRIP. В высокочастотной части периодограммы обнаружены линии 11-летнего цикла солнечной активности. В низкочастотной части периодограммы присутствует ряд мощных линий. Частоты этих линии подчиняются линейному соотношению, что указывает на общий механизм их возникновения. В результате анализа данных показано, что скорость образования ^{10}Be циклична. Средняя продолжительность цикла за последние 10 тыс. лет составляет ~ 1000 лет.

Обсуждается природа ~ 1000 -летней цикличности. В глобальных данных по геомагнитному полю (Korte and Constable, 2005) не просматриваются вариации с необходимой частотой и амплитудой. Следовательно, геомагнитная природа ~ 1000 -летних вариаций маловероятна.

Влияние солнечной активности на поток космических лучей характеризуется солнечным модуляционным параметром, который коррелирует с числами Вольфа. Экстремальные значения модуляционного параметра, следующие из анализа данных, вполне укладываются в возможный диапазон изменений и соответствуют глубоким минимумам солнечной активности типа Маундера и Шперера. Следовательно, наблюдаемые ~ 1000 -летние вариации скорости образования ^{10}Be не противоречат представлению о модуляции потока космических лучей солнечной активностью.

Долгопериодные вариации эффектов солнечной активности в атмосферной циркуляции умеренных и высоких широт

Веретененко С.В.

*Физико-технический институт им. А.Ф.Иоффе, С.-Петербург,
e-mail: svetaveretenenko@mail.ru*

Исследованы эффекты солнечной активности и потоков галактических космических лучей (ГКЛ) в вариациях атмосферного давления умеренных и высоких широт с использованием архивов «реанализа» (1948-2006 гг.) и MSLP (Mean Sea Level Pressure, 1873-2000 гг.). Обнаружены изменения знака корреляции давления с числом солнечных пятен и потоками ГКЛ с периодами ~ 20 -30 и ~ 60 лет. Предполагается, что наблюдаемые изменения знака корреляции связаны с долгопериодными изменениями циркуляции в области формирования циркулярного вихря.

Изменение полярности фотосферных магнитных полей в солнечном цикле

**Вернова Е.С.¹, Тясто М.И.¹, Баранов Д.Г.²,
Данилова О.А.¹**

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

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

Были исследованы временные и пространственные характеристики фотосферного магнитного поля Солнца по данным синоптических карт обсерватории Кит Пик с 1976 г. по 2003 г. Рассматривались: а) магнитные поля в разных широтных интервалах; б) слабые и сильные магнитные поля; в) магнитные поля разных полярностей.

Если среднеширотные магнитные поля (от 30° до 50° для северного и южного полушарий Солнца) изменяются с 11-летним циклом с максимумом, совпадающим с максимумом солнечного цикла, то максимум приэкваториальных полей (от $+30^\circ$ до -30°) совпадает по времени со вторым максимумом Гневешева. Магнитные поля высоких широт не показывают связь с солнечным циклом.

Получено строго антифазное изменение для сильных (в фазе с солнечным циклом) и слабых (в противофазе с солнечным циклом) магнитных

полей в приэкваториальных широтах; и отсутствие циклических изменений для магнитных полей $|B| = 4-6$ Гс. Также в противофазе изменяются и долготные распределения для сильных и слабых приэкваториальных полей.

Хотя магнитные поля положительной и отрицательной полярности хорошо коррелируют между собой, разность между потоками показывает систематические изменения, причем различные для сильных и слабых магнитных полей. Для приэкваториальных полей знак разности $\Delta B = |B^+| - |B^-|$ изменяется в период инверсии общего магнитного поля Солнца (ОМПС). Для сильных полей изменение разности ΔB в 21 и 23 солнечных циклах имеют подобную структуру: $\Delta B > 0$ для периодов подъем — максимум и $\Delta B < 0$ для периодов спад — минимум. В 22 солнечном цикле наблюдается зеркально отраженная картина временного хода. Для слабых магнитных полей картина совершенно иная: знак ΔB совпадает со знаком ОМПС в северной полусфере. Полученные результаты свидетельствуют о временном сдвиге в развитии магнитных полей разной полярности.

Обзор моделей солнечных и гелиосферных процессов для описания космической погоды

Веселовский И.С.

*Научно-исследовательский институт ядерной физики имени
Д.В.Скобелева МГУ, 119992 Москва, Россия;*

Институт космических исследований РАН, 117997 Москва, Россия

Количественное описание солнечных и гелиосферных процессов строится исходя из первых принципов на основе фундаментальных уравнений электродинамики и теории плазмы в кинетическом (мелкомасштабном) и макроскопическом (крупномасштабном) МГД приближении. Существуют также гибридные динамические модели. Начальные и граничные условия берутся из наблюдений. Аналитические и численные методы решения при этом взаимно дополняют друг друга. Первые из них дают лишь самую общую картину параметров плазмы и магнитных полей во всех самых мелких и крупных деталях по времени и пространству, а вторые призваны обеспечить промежуточные и связующие среднемасштабные звенья между ними. В этом состоит наибольшая сложность целостного нелокального описания с установлением заранее неизвестных границ для различных локальных аналитических и численных приближений. Анализируется структура постоянно обновляемых базовых моделей космической погоды, собранных в наиболее представительном виде

Координированным Центром Моделирования (КЦМ) в рамках партнерства между несколькими агентствами и организациями США на сайте <http://ccmc.gsfc.nasa.gov/about.php>. Ввиду большого объема и разнообразия моделей основное внимание уделяется численным моделям солнечной короны и гелиосферы. Обсуждается полнота имеющихся моделей, качество расчетных алгоритмов и программ, а также средств, относящихся к трехмерным динамическим визуализациям в виде кинофильмов. Рассматриваются преимущества и недостатки различных вариантов, разработанных для научных, прикладных и образовательных целей. Даны рекомендации по улучшению расчетных моделей и повышению их точности в сравнении между собой, а также с эмпирическими данными и прогнозами на основе экспертных оценок, статистических и нейросетевых методов.

**Статистические оценки для времени ожидания
рентгеновских вспышек на Солнце в зависимости
от их мощности**

Веселовский И.С.^{1,2}, Прохоров А.В.¹

¹ *Научный институт ядерной физики МГУ, Москва,
e-mail: veselov@dec1.sinp.msu.ru*

² *Институт космических исследований, Москва*

Чем мощнее солнечная вспышка, тем меньше ее вероятность. Эта общая закономерность для достаточно сильных событий хорошо известна и подтверждается на основе нашего анализа данных, полученных на ИСЗ серии GOES за последние 30 лет. Однако, несмотря на существующую взаимосвязь между мощностью вспышки и её временем ожидания, она не является простой и полностью изученной. В литературе на этот счет иногда встречаются не вполне достоверные экстраполяции для вероятности событий в виде степенных функций мощности как в область малых, так и больших вспышек. Следствием первого обстоятельства явилась широко известная концепция «нановспышек» как основного механизма нагрева солнечной короны. Эта теория подвергается сомнению в первую очередь в силу своей недостаточной наблюдательной обоснованности. По-видимому, она в целом переоценивает число мелких событий, трудно отличимых от постоянного фона. Остается открытым ряд вопросов, касающихся выбора аппроксимаций для гистограмм времён ожидания вспышек и трактовки природы процессов, приводящих к наблюдаемым закономерностям. В некоторых работах (Wheatland, 2001; Wheatland,

Litvinenko, 2002; Grigolini, Leddon, Scafett, 2002) проводился анализ статистики исключительно по времени ожидания без учёта мощности произошедшей вспышки и на основании получаемых результатов делались мало обоснованные выводы о справедливости тех или иных моделей развития отдельного вспышечного процесса и вспышечной активности в целом. Рассматривается влияние экспериментальных ограничений, накладываемых аппаратурой спутников серии GOES на полученные данные и их интерпретацию. В докладе показывается невозможность описания зависимости среднего времени ожидания от мощности события единой степенной закономерностью во всем интервале исследованных событий, которые сильно отличаются по порядкам величины: от фоновых значений до насыщения приборов. Делается вывод о том, что достоверный статистический прогноз для времени ожидания солнечных вспышек, в десятки и сотни раз превосходящих по мощности те, которые наблюдались до сих пор, на этой основе в настоящее время сделать нельзя.

Социокультурная динамика и космический климат

Владимирский Б.М.

*Крымская астрофизическая Обсерватория, п. Научный, Крым,
Украина;*

Таверический Университет им. В.И. Вернадского, Симферополь

Реконструкции хода солнечной активности в далекое прошлое использованы для изучения возможной связи вариаций космического климата с социокультурной динамикой. В качестве исходного исторического материала использованы индексы творческих достижений, построенные Ч. Мэреем (–800 ÷ 1950 гг.). Найдено, что упомянутые индексы систематически возрастают в эпохи больших минимумов солнечной активности (6 событий начиная с 4-го в. до н.э.). Расположение глобальных всплесков творческой продуктивности относительно центроидов минимумов зависит от типа духовной активности: для математики - философии они совпадают, для искусства - литературы имеет место запоздание на несколько десятилетий. Отмечается, что наиболее важные события в исторической Мир - системе — также как «неолитическая революция», возникновение письменности — совпадают с эпохами длительных минимумов. Возможная причинная связь всех этих явлений могла бы реализоваться через посредство электромагнитных полей очень низкой частоты: эти поля, выступающие как важный экологический фактор, оказывают выраженное психотропное действие. Их параметры, вероятно, сильно изменяются при ослаблении солнечного ветра в эпохи длительных минимумов солнечной активности.

Прогноз минимума и его роль в прогнозе формы 11-летнего цикла солнечной активности

Волобуев Д.М.

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

Точка минимума солнечной цикличности является плохо определенной, т.к., как правило, имеется период сосуществования пятен старого и нового циклов. Эта точка определяется уверенно лишь по прошествии 1-2 лет нового цикла в результате сглаживания кривой изменения среднемесячного числа пятен. Фактически, это приводит к необходимости прогнозировать точку минимума для прогноза формы цикла из его начала и ошибки прогноза в значительной степени связаны именно с неопределенностью положения минимума. В данной работе мы расширяем статистику Вилсона по времени запаздывания между появлением первого пятна нового цикла и положением точки минимума. При этом, мы получаем существенно нелинейную зависимость, а именно тенденцию к уменьшению времени запаздывания как для высоких так и для низких предшествующих циклов с максимальным запаздыванием $t \sim 2$ года для «средних» циклов (максимальное число Вольфа $R \sim 90$).

Солнечная активность в «мире маргариток»

Волобуев Д.М.

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

«Мир маргариток» — широко известная модель, которая упрощенно описывает процесс регулирования приземной температуры Земли за счет изменений альбедо растительного покрова. В данной работе мы обсуждаем пограничные режимы модели, когда инсоляция слишком мала или слишком велика и поддержка постоянной температуры растительностью нарушается. При этих режимах даже малые изменения инсоляции в пределах 0.1%, которые примерно соответствуют изменениям в цикле солнечной активности, приводят к заметным ($\sim 0.2^\circ\text{C}$) изменениям температуры. Мы полагаем, что данные режимы могут наблюдаться на Земле локально, в областях, граничащих с приэкваториальными и приполярными пустынями.

Comparison of photospheric current helicity and subsurface kinetic helicity

Gao Y.¹, Zhang H.Q.¹, Zhao J.W.²

¹*National Astronomical Observatory, Chinese Academy of Sciences,
Beijing 100012, China, e-mail: gy@bao.ac.cn*

²*W. W. Hansen Experimental Physics Laboratory, Annex B201,
Stanford University, Stanford, CA 94305-4058, USA.*

A comparison between photospheric current helicity and subsurface kinetic helicity in solar active regions is presented. Four parameters are employed: average current helicity $\langle H_c \rangle = \langle B_z \cdot (\nabla \times \mathbf{B})_z \rangle$, average force-free field factor $\alpha_{\text{ave}} = \sum (\nabla \times \mathbf{B})_z \cdot \text{sign}[B_z] / \sum |B_z|$ and mean subsurface kinetic helicity $\langle \alpha_v \rangle = \langle \mathbf{v} \cdot (\nabla \times \mathbf{v}) / |\mathbf{v}|^2 \rangle$, which is considered as two different parameters $\langle \alpha_{v1} \rangle$ and $\langle \alpha_{v2} \rangle$ according to different depths beneath the solar surface. A total of 38 active regions are investigated. The results show that the signs of $\langle H_c \rangle$ and α_{ave} have typical hemispheric distribution asymmetry. In contrast, the sign of $\langle \alpha_{v1} \rangle$ has the opposite property to the above two parameters. For $\langle \alpha_{v2} \rangle$, there is no obvious preponderance of the sign in each hemisphere as for the other three parameters. Although there is an opposite hemispheric preponderance between the signs of current helicity and kinetic helicity at 0 - 3 Mm beneath the solar surface, the correlations between $\langle H_c \rangle$ and $\langle \alpha_{v1} \rangle$, α_{ave} and $\langle \alpha_{v1} \rangle$, $\langle H_c \rangle$ and $\langle \alpha_{v2} \rangle$, α_{ave} and $\langle \alpha_{v2} \rangle$ are weak (the correlation coefficients are -0.095, 0.118, -0.102, -0.179, respectively), and so we are not able to establish relationship between the photospheric current helicity and the kinetic helicity at 0 - 12 Mm beneath the solar surface [1].

[1] Gao, Yu; Zhang, Hongqi; Zhao, Junwei // MNRAS, 2009, v. 394, pp. L79-L83.

**Диагностика короткопериодических
волновых процессов в пятнах
по колебаниям микроволнового излучения**

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

¹ Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,
С.-Петербург, e-mail: g.b.g@mail.ru

² Nobeyama Solar Radio Observatory, Minamisaku, Nagano, Japan

Анализ квазипериодических колебаний в солнечных пятнах является основой как для диагностики строения их атмосферы («локальная гелиосейсмология»), так и для регистрации физического процесса выноса энергии в верхние слои атмосферы активных областей Солнца. Анализ коротких периодов имеет серьезные ограничения в решении этой проблемы, поскольку он требует перекрытия больших интервалов времени с исследованием параметров области излучения на малых временных интервалах. Наблюдения Солнца на радиогелиографе Нобеяма представляют здесь уникальную возможность, поскольку его банк данных содержит наблюдения с интервалом времени менее секунды, перекрывающие ежедневно около 7 часов. Радиоизлучения ярких источников над пятнами на волне 1.76 см генерируется обычно на третьей гармонике гирочастоты электронов и соответствует области с магнитным полем 2000 Гс на высоте переходной области или основания короны.

Нами выполнены исследования короткопериодических колебаний микроволнового излучения (17 ГГц) солнечных пятен по наблюдениям с двумерным пространственным разрешением $10'' - 15''$. Для решения этой задачи радиокарты синтезировались с интервалом времени 1 секунда. Методом вейвлет анализа обнаружены цуги колебаний яркостной температуры радиоисточников, связанных с пятнами, с периодами около 30 секунд, перекрывающие многочасовые временные интервалы. Проявление характерных изолированных периодов в колебаниях атмосферы солнечных пятен связано с фильтрацией МГД волн в области температурного минимума и отсечки их с граничными периодами в области сильных градиентов температуры в области верхней фотосферы. Выявление длительных проявлений короткопериодических (короче минуты) колебаний открывает новую страницу для развития гелиосейсмологии солнечных пятен.

Planetary tidal effects on solar activity, and implications for geomagnetic activity and climate

Georgieva K.¹, Semi P.A.², Obridko V.N.³, Shelting B.³, Kirov B.¹

¹*Solar-Terrestrial Influences Institute, Bulgaria*

²*MediSoft Int., Czech Republic*

³*IZMIRAN, Russia*

Long-term solar activity variations can modulate the Earth's geomagnetic activity and climate. In order to understand these influences, we must first understand what drives solar activity variability. The basis of solar activity is the solar dynamo which transforms the solar poloidal field into a toroidal field, and this toroidal field into the poloidal field of the next sunspot cycle with an opposite magnetic polarity. An important role in this process plays the solar meridional circulation: poleward at the surface, and equatorward at the base of the solar convective zone. The speed of the surface circulation is essential for the regeneration of the poloidal field from the toroidal field of the previous sunspot cycle, and the speed of the deep circulation determines the generation of the toroidal field of the new cycle. Our previous studies have demonstrated that what determines the chain of correlations is the speed of the surface poleward circulation. We now show that the speed of the solar surface poleward meridional circulation is modulated by the tidal forces of the major planets exerted on the Sun, and estimate the importance of this surface meridional circulation for geomagnetic activity and climate change.

О структуре поля фотосферных скоростей

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*

Адаптирован для задач физики Солнца и реализован в вычислительной программе метод измерения горизонтальных скоростей в фотосфере, ранее применявшийся для обработки аэрокосмических снимков. От стандартной процедуры локального корреляционного трассирования он отличается специальным выбором пробных площадок («эталонов»), смещение каждой из которых определяется по максимуму корреляции между ее исходным и всевозможными смещенными положениями. А именно,

в некоторой окрестности каждого узла выбранной сетки в качестве эталона выбирается площадка, на которой достигает максимума либо контраст, либо энтропия распределения яркости. Полученные таким образом горизонтальные скорости интерполируются на узлы равномерной сетки с использованием триангуляции Делоне и аффинных преобразований, определяемых деформацией полученных треугольников на рассматриваемом временном шаге. Поля скоростей усредняются по периодам 1–2 ч и сравниваются с оптическими изображениями, усредненными по тем же периодам (и демонстрирующими картины «изборожденности» рельефа яркости [1, 2, 3]). Такое усреднение отчетливо выявляет течения мезо- и супергрануляционных масштабов, причем в ряде случаев удается уловить тонкие детали их структурной организации. Анализируется динамика этих течений.

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.

Фрактальные свойства нового магнитного потока

Головко А.А., Салахутдинова И.И.

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

Анализ изображений солнечных активных областей в линии H-альфа методом мультфрактальной сегментации показывает наличие в них особых участков, где показатель сингулярности принимает максимальные значения, а фрактальная размерность по Хаусдорфу — минимальные [1]. Аналогичный метод применён к магнитограммам фотосферного продольного магнитного поля. Обнаружено, что области всплывающего нового магнитного потока выявляются на сегментированных изображениях, соответствующих фрактальным размерностям менее 0.4. Высокое пространственное и амплитудное (битность оцифровки) разрешение исходных данных имеют ключевое значение для результативности анализа.

Работа поддержана грантами РФФИ №№ 07-02-90101, 08-02-00027.

[1] Головко А. А., Салахутдинова И. И. // *Солнечно-земная физика*, Изд. СО РАН, 2008, вып. 12, т. 1, с. 25.

Анализ одновременных измерений солнечных магнитных полей в разных спектральных линиях

Голубева Е.М.

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

В работе выполнен сравнительный анализ одновременных наблюдений магнитных полей Солнца в спектральных линиях FeI 5250Å и NaI 5896Å, проведенных в обсерватории Маунт Вилсон в 2000-2008 годы (1962-2076 Кэррингтоновские обороты). Отмечается значительное уменьшение коэффициента корреляции между этими данными, начиная с 2007 года. Рассматриваются возможные причины этого явления. Представлены результаты подробного анализа вариации картины распределения коэффициента регрессии и коэффициента корреляции исследуемых рядов данных по диску в рассматриваемый период времени.

Электронные плотности и яркостные температуры Солнца на расстояниях 1.2–2 радиусов от его центра

Голубчина О.А., Коржавин А.Н., Тохчукова С.Х.

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

В работе представлены результаты моделирования радиоизлучения Солнца на момент наблюдения на РАТАН-600 максимальной фазы солнечного затмения 29.03.06 г [1]. Проведено сопоставление реальных наблюдений сантиметрового радиоизлучения Солнца, и полученных в результате моделирования. Даны оценки электронной плотности и яркостной температуры сантиметрового радиоизлучения Солнца на расстояниях от 1.2 до 2 радиусов Солнца от центра его оптического диска, полученные путем моделирования.

- [1] О.А. Голубчина, В.М. Богод, А.Н. Коржавин, Н.Н. Бурсов, С.Х. Тохчукова // Астрофизический Бюллетень, 2008, том 63, №1, с.36-44.

Межпланетные разрывы как один из факторов динамики солнечно-земных связей

Гриб С.А.

*Учреждение Российской академии наук Главная (Пулковская)
астрономическая обсерватория РАН, Пулково, СПб, 196140, Россия,
e-mail: sagrib@gmail.com*

Предлагается анализ магнитогидродинамического (МГД) рассмотрения движения и взаимодействия различного вида сильных разрывов в межпланетной плазме. К этим разрывам относятся быстрые и медленные ударные волны, тангенциальные и вращательные разрывы (именуемые часто разрывами направления). В дополнение к указанным разрывам предполагается также наличие стационарного контактного разрыва в переходной от хромосферы к короне области и на границе плазмосферы. Указывается на возможность преломления солнечного вращательного разрыва в переходную область в виде диссипативной быстрой или медленной ударной волны. Подчеркивается роль подобного явления для нагрева корональной плазмы. Описываются возможные случаи перехода солнечных быстрых ударных волн в медленные ударные волны и учитывается возникновение волн разрежения на границах структур с постоянным давлением. При обсуждении результатов работ по изучению взаимодействия межпланетных ударных волн с магнитными облаками (работы группы Ч.-Ч. Ву) и с головной ударной волной перед магнитосферой Земли (исследования группы авторов из Праги) подчёркивается необходимость использования обобщённого МГД решения задачи Римана.

Утверждается, что возникновение тангенциальных разрывов связано с лобовым столкновением сильных разрывов, и непосредственные наблюдения в солнечном ветре подтверждают наличие большего числа тангенциальных разрывов по сравнению с вращательными разрывами.

Работа выполнялась по программе ОФН РАН № 15 и поддержана грантом РФФИ 08- 01-00-191.

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

**Григорьев В.М.¹, Демидов М.Л.¹, Денисенко С.А.²,
Камус С.Ф.², Пименов Ю.Д.²**

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

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

Насущной задачей современной науки является обладание надёжной информацией о распределении как продольных, так и поперечных магнитных полей по всему диску Солнца, с чем более высоким пространственным разрешением, тем лучше. Уже много лет такие наблюдения выполняются на телескопе SOLIS в США, несколько лет такие наблюдения проводятся на новом фильтровом телескопе SMAT обсерватории Хуайроу в Китае. Начались работы по созданию такого специализированного телескопа нового поколения и в России. Настоящий доклад посвящён изложению основных сведений о проекте такого телескопа, получившим, исходя из его предназначения, рабочее название СОЛСИТ — СОЛнечный СИноптический Телескоп. Предполагается, что это должен быть компактный инструмент-рефлектор, осуществляющий сканирование всего изображения Солнца за один (возможно, два-три) скана при пространственном (угловом) разрешении около 2 секунд дуги за время не более получаса. Диаметр основного зеркала составит 300-500 мм, размер изображения — около 20 мм. Важной особенностью СОЛСИТ должен стать компактный навесной зеркальный спектрограф с дифракционной решёткой-эшелле, обеспечивающий при малом фокусном расстоянии достаточно высокое спектральное разрешение, необходимое для регистрации параметров Стокса одновременно в нескольких спектральных линиях. Предполагается что основными рабочими линиями будут Fe I $\lambda 630.15$ нм и Fe I $\lambda 630.25$ нм, однако, предусмотрена возможность быстрой перестройки спектрографа в другие диапазоны, в частности, в зелёную область спектра.

**Микроволновые характеристики формирующейся
аркады в эруптивном событии 31 июля 2004 г
по данным РАТАН-600**

Григорьева И.Ю.¹, Боровик В.Н.¹, Кашапова Л.К.²

¹Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,
Санкт-Петербург, e-mail: irina19752004@mail.ru

²Институт Солнечно-Земной Физики СО РАН, Иркутск,
e-mail: lkk@iszf.irk.ru

Приводятся результаты микроволновых наблюдений эруптивного события на западном лимбе Солнца 31 июля 2004 г., включающего в себя корональный выброс массы (СМЕ), две вспышки класса C8.4 и C5.3 (GOES) на фоне длительной рентгеновской вспышки (LDE), формирование системы послевспышечных петель. Многоволновые наблюдения Солнца в диапазоне 1.8 см – 8.0 см с регистрацией интенсивности и круговой поляризации были выполнены на радиотелескопе РАТАН-600 на разных стадиях развития нестационарного процесса – первое наблюдение через 30 мин после пика первой вспышки C8.4 и последующие четыре наблюдения с интервалом в 1 час. Анализируются спектральные микроволновые характеристики надлимбового источника радиоизлучения, отождествленного с формирующейся аркадой, и данные рентгеновских наблюдений на спутнике RHESSI.

**Солнечные стримеры
в трехмерном кинетическом рассмотрении**

Губченко В.М.

Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород
e-mail: ua3thw@appl.sci-nnov.ru

В докладе ставится задача определения в аналитическом рассмотрении топологии структур стримеров, их пространственных характеристик и динамики в зависимости от физических параметров расширяющейся короны и взаимодействующей с ней магнитоактивной области. Данная задача относится к области крупномасштабной кинетики плазмы (ККП). В ККП ЭМ свойства потока, т.е. в какой степени поток является проводящей средой, а в какой - диамагнитной средой, определяется формой функции распределения частиц корональной плазмы по скоростям (ФРЧ). При этом пространственные масштабы структур и топология ЭМ полей получаются из решений уравнений Максвелла и Власова и самосогласованны с формой

ФРЧ потока плазмы. Масштабы структур в ККП являются масштабами пространственной дисперсии плазмы. Для рассмотрения отдельного стримера решена задача о взаимодействии потока плазмы, характеризуемого заданной входной изотропной ФРЧ, и источника намагниченности, обладающего заданными магнитодипольным и тороидальным моментами. Показано формирование в таких условиях радиально-вытянутого трехмерного коронального стримера, представляющего собой резистивную ЭМ структуру. Переход стримера в компактное шлемовидное - диамагнитное состояние из резистивного состояния с хвостом-лучем определяется безразмерным параметром, выражаемым через форму ФРЧ внешнего потока. Для рассмотрения трехмерного стримерного пояса предложено кинетическое описание на основе изучения динамики квазиодномерного диамагнитного гелиосферного токового диска, самосогласованного с высокоскоростным и низкоскоростным солнечным ветром. Крупномасштабные ЭМ моды анизотропной плазмы, описывающие пояс стримеров, принимают в таком диске вид поверхностных мод с топологическими структурами в виде магнитных островов, радиальных магнитных жгутов и токовых слоев. Условия возбуждения потоком и характерные масштабы структур стримерного пояса определяются параметрами ФРЧ радиальных потоков плазмы в диске.

Исследование корональной линии $6374\text{\AA}$ в период минимума солнечной активности

Гусева С.А., Шрамко А.Д.

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

Ранее [1] мы исследовали корональную линию $\lambda 5303\text{\AA}$ (FeXIV) и получили кривые изменения интенсивности зеленой линии на разной высоте от лимба Солнца для полярных и низкоширотных областей.

В данной работе исследуется изменение интенсивности корональной линии $\lambda 6374\text{\AA}$ (FeX) с высотой над лимбом Солнца с шагом $5''$. Рассматриваемые корональные данные получены на внезатменном коронографе ГАС ГАО РАН. Построены радиальные распределения интенсивности красной корональной линии, отдельно для экваториальных и полярных областей Солнца.

- [1] Гусева С.А., Шрамко А.Д. //Труды конференции «Физическая природа солнечной активности и прогнозирование ее геофизических проявлений», ГАО РАН, Санкт-Петербург, 2007г., С. 131-134.

Исследование солнечных протуберанцев в спектральных линиях 4861Å, 5876Å, 6563Å

Гусева С.А., Шрамко А.Д.

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

Исследуются хромосферные линии $H\alpha$ ($\lambda 6563\text{\AA}$), D3 ($\lambda 5876\text{\AA}$) и $H\beta$ ($\lambda 4861\text{\AA}$) на солнечном лимбе. Наблюдения велись на малом коронографе Кисловодской ГАС. Получены различные спектральные характеристики солнечных протуберанцев.

Сравнение спектральных и фильтровых наблюдений Солнца в линии 6563Å

Гусева С.А., Шрамко А.Д.

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

Рассматриваются лимбовые наблюдения Солнца в линии $H\alpha$ ($\lambda 6563\text{\AA}$). Проводится сравнение между фильтровыми изображениями, которые получены на разных обсерваториях и спектральными наблюдениями на малом коронографе ГАС.

О возможности корреляций индексов солнечной активности и метеорологических данных в различных точках Земли

Давыдов В.В.

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

В установлении влияния активности Солнца на параметры приземной атмосферы есть, собственно, два подхода: либо для локальных точек, либо для Земли в целом. Немаловажным представляется вопрос о сопоставлении солнечных индексов и земных данных одновременно для различных точек.

В докладе методами кроссвейвлет-анализа рассматриваются корреляции данных по солнечной активности с многолетними параметрами, получаемыми на метеостанциях (давление, температура, параметры влажности) и разнесённых на значительные расстояния по широте и долготе.

Поиски свечения линий Na I (D1 и D2) в области сублимации околосолнечной пыли

*Делоне А.Б.¹, Дивлекеев М.И.¹, Порфирьева Г.А.¹,
Суханов Е.А.², Якунина Г.В.¹, Горшков А.Б.¹*

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

²Физический институт академии наук, ФИАН, Москва

Во время полного солнечного затмения 1 августа 2008 г. предпринята попытка поиска свечения натрия в зоне сублимации околосолнечной межпланетной пыли. Проведены наблюдения с использованием интерферометрической установки с эталоном Фабри-Перо. Фильтр с полушириной 25 Å. Фокусное расстояние — 50 мм, диаметр Солнца на изображении — 0,5 мм. Фотопленка Kodak TMAX 3200. Аппарат Смена, объектив со светосилой 1,4.

Начало августа — это время прохождения метеорного потока, пылинки которого должны были стать источником свечения Na I. Второй источник — кометы.

Так у кометы Хейла-Боппа (1995 г.) был обнаружен третий хвост, целиком состоящий из атомов Na I. Область Na I занимала огромное пространство, охватывая голову и уходя далеко ~ на 50 млн. км в хвост. Яркие линии Na I были получены на спектрах кометы Markos'a и ряде других комет.

За сутки до затмения рядом с Солнцем Hua Su на снимках SOHO открыл новую комету. Предполагалось, что в момент затмения комета достигнет блеска 4 зв. вел. и будет находится в 2 градусах западнее центра диска Солнца. Комета, близко подойдя к Солнцу перестала существовать. На снимке, датированном 10:18 UT 1 августа 2008 года ее блеск можно оценить 6-7 зв. вел. А через час комету уже не было видно. Комета развалилась за 20 минут до наступления полной фазы затмения в Новосибирске.

На полученном нами негативе есть слабые участки, смещенные относительно основных колец, источником которых является атмосферный Na I. Эти слабые участки находятся на юго-западе от Солнца примерно на 7°.5 и 4°.7 от него. Доплеровский сдвиг относительно колец атмосферного натрия соответствует $V \sim 600$ и 900 км/с.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ №0802-01033.

О полуширинах эмиссионных линий в переходной области и нижней короне

Делоне А.Б., Якунина Г.В.

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

В последние два десятилетия получено много наблюдательных данных о профилях линий в широком диапазоне длин волн, в основном в УФ (SOHO/CDS, EIT), в видимой области на наземных телескопах (Гавайи и Норикура) и во время полных солнечных затмений (ГАИШ). Полуширины полученных линий значительно превышают величины, соответствующие тепловому уширению этих линий. Природа нетепловых движений пока еще не вполне ясна. Возможно, что более широкие профили линий являются следствием переналаживания петель по лучу зрения с разными температурами и скоростями. Наблюдаются как горячие так и холодные петли. Наличие вращательного движения в петлях также может приводить к уширению линий. Профили линий в динамических петлях шире, чем в стационарных петлях. Наиболее вероятное объяснение уширения линий заключается в существовании нетепловых турбулентных скоростей.

В одних работах обсуждается влияние отклонения от максвелловского распределения на ширину линий, особенно в переходной области, где температура резко возрастает с высотой. В других работах показано, что отклонение от максвелловского распределения мало влияет на ширину линий в спокойных областях, а существенно лишь для вспышек. Профили корональных линий, полученные нами во время полных солнечных затмений, имеют приподнятые крылья. Мы установили, что турбулентные скорости в морфологически разных областях короны различаются.

Нетепловые скорости, полученные из наблюдений в УФ ($\lambda \sim 600\text{\AA}$) несколько меньше в спокойной области, чем в корональной дыре (КД). Это согласуется с полученным нами ранее различием нетепловых скоростей в замкнутой области вокруг протуберанца и в КД, где происходит изменение магнитного поля.

Обсуждается вопрос нагрева короны альфвеновскими или звуковыми волнами. В случае нагрева короны волнами нетепловые скорости должны расти с высотой.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ N 08-02-01033.

**Стоксометрические наблюдения магнитных полей
Солнца в линиях Fe I $\lambda 525.0$ нм и Fe I $\lambda 523.3$ нм
и проблема калибровки данных SOHO/MDI**

Демидов М.Л.

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

Роль сопоставления наблюдений магнитных полей Солнца, выполненных в различных спектральных линиях, является важной с различных точек зрения. Особенно в линиях, наблюдения в которых имеют длительную историю и(или) особое диагностическое значение. Таковыми, в частности, являются линии Fe I $\lambda 525.0$ нм и Fe I $\lambda 523.3$ нм, анализу новых высокоточных стоксометрических измерений в которых посвящена настоящая работа. Показано, что среднее значение отношения напряженностей $R = B(523.29\text{нм})/B(525.02\text{нм})$ составляет $1.97(\pm 0.02)$, а функция изменения R в зависимости от гелиоцентрического угла θ выражается соотношением $R = 1.74 - 2.43 \times \mu + 3.43 \times \mu^2$, где $\mu = \cos(\theta)$. Таким образом, для центра диска ($\mu = 1.0$) $R = 2.74$, а, например, для $\mu = 0.3$ (что соответствует областям вблизи лимба) $R = 1.32$. Приведённые оценки достаточно близки к полученным в [1] и [2], но значительно отличаются от опубликованных в [3-5], основанных на магнитографических наблюдениях в обсерватории Маунт Вилсон. Результаты работ [3-5] послужили основой для дискуссии о необходимости существенной коррекции (увеличении в 1.6-1.9 раза) данных SOHO/MDI, что, понятно, имеет далеко идущие последствия. Однако, такая перекалибровка противоречит результатам настоящего исследования, основанного на гораздо более точных поляриметрических измерениях, позволяющих непосредственно получать распределение V параметра Стокса в интересующих линиях, а, значит, свободных от многих предположений и неопределённостей, присущих магнитографам. Если за основу принять напряженности в линии Fe I $\lambda 523.3$ нм, то данные SOHO/MDI должны быть не увеличены, а, наоборот, несколько уменьшены (в среднем в 1.4 раза). Естественно, для более уверенных выводов необходимы дополнительные исследования.

- [1] Howard R., Stenflo J.O. // Solar Phys., 1972, v.22, p.402.
- [2] Frazier E.N., Stenflo J.O. // Astron. Astroph., 1978, v.70, p.789.
- [3] Ulrich R.K.: 1992, in M.S. Gimpapa and J.M. Bookbinder (eds.), Proc. 7th Cambridge Workshop, *Cool Stars, Stellar Systems, and the Sun*. ASP Conf. Ser. 26, 265.
- [4] Tran A.S., Bertello L., Ulrich R.K., and Evans S. // Astrophys. J. Suppl. Ser., 2005, v.139, p.295.

- [5] Ulrich R.K., Bertello L., Boyden J.E., Webster L.// Solar Phys., 2009, v.255, p.53.

**Первые результаты работы прибора Пингвин-М
на борту КА Коронас-Фотон**

*Дергачев В.А.¹, Круглов Е.М.¹, Лазутков В.П.¹,
Матвеев Г.А.¹, Пятигорский А.Г.¹, Савченко М.И.¹,
Скородумов Д.В.¹, Котов Ю.Д.², Гляненко А.С.²,
Архангельский А.И.², Бессонов М.В.², Буслов А.С.²,
Юров В.Н.²*

¹*Учреждение Российской академии наук Физико-технический
институт им. А.Ф. Иоффе РАН (ФТИ им. А.Ф. Иоффе),
С.-Петербург*

²*Государственное образовательное учреждение высшего
профессионального образования «Московский инженерно-физический
институт (государственный университет)» (МИФИ), Москва*

Описано функционирование прибора на начальном этапе его работы на борту КА КОРОНАС-ФОТОН. Приведены параметры прибора и состав программного обеспечения, предназначенного для обработки и анализа экспериментальных данных. Описан процесс полётной настройки блока детекторов ПИНГВИН-МД в конкретных фоновых условиях. Приведены результаты регистрации мягкого рентгеновского излучения солнечных вспышек и жесткого рентгеновского излучения космических гамма-всплесков. По этим событиям произведена оценка чувствительности прибора.

Космические лучи, солнечная активность и климат последних двух тысячелетий

Дергачев В.А.¹, Распопов О.М.²

¹ Учреждение Российской академии наук Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, С.-Петербург, Россия

² Санкт-Петербургский филиал Учреждения Российской академии Наук Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН, Россия

В течение последних нескольких лет получены детальные реконструкции изменения климата на масштабах от десятков до сотен лет, которые ясно выявляют ассоциации с изменениями космических лучей, зафиксированных в природных архивах как космогенные нуклиды ^{14}C , ^{10}Be , что дает убедительное доказательство для влияния на климат двух факторов: космических лучей и солнечной активности. Несмотря на то, что по мере накопления новых данных увеличивается доказательство этой связи, основной спор концентрируется вокруг возможного физического механизма и качества и представительности используемых данных из природных архивов в качестве той или иной характеристики исследуемого процесса. В ответ на внешнее воздействие, например, на солнечное излучение, климат отражает сложное и динамическое взаимодействие между существующими в рассматриваемый интервал времени состояниями атмосферы, океанов, биосферы, суши и криосферы. Изучение климатической изменчивости в прошлом, до начала антропогенного влияния, позволяет лучше понять вклад естественных факторов в изменение климата в современный период и в будущее изменение, и что не менее важно — понять возможный физический механизм или механизмы изменения климата.

В работе детально проанализировано изменение реконструированных потоков космических лучей из измерений концентрации космогенных нуклидов и проведено сопоставление с климатическими характеристиками. Особое внимание уделено проблемам восстановления температуры, на которых в основном и построены имеющиеся модели изменения климата, из косвенных данных различной природы: колец деревьев, слоев льда, буровых скважин и других архивов. Рассмотрены также возможные физические механизмы влияния космических лучей на климат.

Пульсации интенсивности 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*

Квазипериодические пульсации (КПП) излучения вспышек наблюдаются в течении нескольких десятков лет в широком диапазоне длин волн от радио до гамма излучений. Периоды этих пульсаций находятся в интервале от миллисекунд до десяти минут. Предложены различные механизмы возбуждения КПП во вспышечных петлях.

В данном сообщении излагаются результаты наблюдений КПП в активных областях (АО) на Солнце в линии излучения Ca II 8498 Å в июле 2003 г. и в июле, августе 2005 г., проведенных в Москве на Башенном солнечном телескопе АТВ1 ГАИШ МГУ. При этом время накопления на ПЗС-линейке составляло 3 с, а интервал между кадрами — 1 мин. В АО излучение жгута магнитных трубок с током в этой линии переменное, и содержит множество пиков как во время вспышек, так и в отсутствии их: проявляются колебания интенсивности излучения с периодами от 3 до нескольких десятков минут. Период 5 мин. сохраняется во всех наблюдаемых АО. Амплитуды пульсаций в АО, наблюдавшихся в 2003 г., были примерно в два раза больше чем при наблюдениях в 2005 г., хотя уровень фона при этом увеличился незначительно. Можно предположить, что амплитуды пульсаций зависят не только от свойств конкретных АО, но и от общей активности Солнца.

Рассмотрена связь интенсивности вспышек с периодами и амплитудами колебаний яркости АО в линии Ca II 8498 Å.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ №0802-01033.

Анизотропия флуктуаций ММП часового диапазона: зависимость от гелиошироты и фазы солнечного цикла

Ерофеев Д.В.

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

Для исследования анизотропии флуктуаций ММП часового диапазона проанализированы данные, полученные космическим аппаратом *Ulysses* в ходе трех быстрых широтных сканов гелиосферы, а также результаты измерений ММП на околоземных орбитах. Анализ этих данных позволяет

заклучить, что существенная анизотропия флуктуаций имеет место на всех широтах, однако ее характер различен в разных широтных зонах и изменяется в цикле солнечной активности.

В периоды низкой солнечной активности (1994-95 и 2007 гг.) в областях гелиосферы, занятых униполярным магнитным полем (широты выше $30..40^\circ$), анизотропия была обусловлена преобладанием мощности поперечной (по отношению к направлению среднего магнитного поля) компоненты флуктуаций над мощностью их продольной компоненты, при этом поляризация поперечной компоненты была мала или отсутствовала. В приэкваториальной зоне, напротив, сравнительно малой была продольная анизотропия флуктуаций, однако имела место существенная поляризация их поперечной компоненты, причем ориентация поляризации была различной в секторах ММП разного знака и изменялась в связи с изменением ориентации дипольного магнитного поля Солнца.

В период высокой солнечной активности и смены знака полярного магнитного поля Солнца (2000-01 гг.) продольная анизотропия флуктуаций ММП была небольшой всюду, кроме высокоширотной зоны северного полушария, где магнитное поле было униполярным. Поперечная составляющая флуктуаций имела существенную поляризацию до широт около $\pm 60^\circ$.

Об артефакте, возникающем при спектральной обработке серий цифровых снимков солнечных пятен

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

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

Рассмотрен специфический артефакт (ложная гармоника), иногда появляющийся в спектре мощности колебаний магнитного поля. Обработывались 10-15 часовые серии MDI(SOHO) магнитограмм полного диска, полученные с интервалом 1 минута. Исходные магнитограммы калиброваны и представлены в FITS формате. Была разработана программа, автоматически определяющая в каждой магнитограмме значение максимальной напряженности магнитного поля в исследуемом пятне с учетом вращения Солнца. Мы изучаем временную последовательность максимальной напряженности магнитного поля в ядре пятна. Вероятно, этот артефакт возникает при съеме информации из-за дискретной структуры FITS магнитограмм инструмента MDI(SOHO). Из-за малого масштаба изображения в небольших пятнах на все ядро пятна приходится всего 4-5 пикселя изображения. Обычно уже в соседнем пикселе напряженность падает скачком на 100-300 гс. Из-за вращения Солнца ядро пятна постепенно перемещается на соседний пиксель матрицы приемника и некоторое время

проектируется на границу двух пикселей. При этом в пикселе, где недавно был максимум напряженности теперь частично присутствует область ядра пятна с меньшей напряженностью магнитного поля. Но информация о максимальной напряженности еще продолжает некоторое время считываться с этого же пикселя и имеет, естественно, меньшее на 100-300 гс значение. Как только ядро полностью перейдет на следующий пиксель значение максимальной напряженности скачком снова восстановится до перехода ядра пятна на следующий пиксель и т.д. Это приводит к появлению ложного периодического сигнала во временной последовательности максимальной напряженности магнитного поля в пятне. В больших пятнах и пятнах, где магнитное поле в ядре не фрагментировано, артефакт резко ослаблен. Для каждого пятна, зная его положение на диске, можно заранее рассчитать период артефакта в спектре мощности.

Результаты обработки длинных серий магнитограмм MDI (SOHO)

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

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

Представлены результаты обработки длинных (до 40 часов) серий магнитограмм, полученных на инструменте MDI(SOHO). Использована оригинальная программа, автоматически определяющая в каждой магнитограмме значение максимальной напряженности магнитного поля в исследуемом пятне с учетом вращения Солнца. Основные гармоники, на которых совершаются глобальные колебания пятна, варьируют от пятна к пятну и имеют периоды в полосах 60-80 и 135-170, 220-240 и около 500 минут, причем мощность колебаний на нижней гармонике, как правило, выше. Амплитуда колебаний в низкочастотной моде магнитного поля порядка 100-250 гс, а лучевой скорости — порядка 60-110 м/сек. Низкочастотные колебания прекращаются, если в пятне наблюдается сильный тренд (рост или падение) напряженности магнитного поля.

Space Solar Telescope (SST) in China

Zhang H.Q.¹, on behalf of SST team

¹*National Astronomical Observatories, Chinese Academy of Sciences,
Beijing 100012, China, e-mail: hzhang@bao.ac.cn*

We introduce a space solar project: Space Solar Telescope (SST) in China. Scientific objectives of SST are the following: through coordinated, wide spectral coverage, highly resolving and continuously temporal evolutive observations of transient and steady states in the solar atmosphere, especially for the study of the solar fine magnetic activities. The major payloads of Space Solar Telescope include: 1 Meter Main Optic Telescope (MOT), Extreme Ultraviolet Telescope (EUT), H α and White Light Telescope (HWT), Wide Band Spectrometer (WBS) and Solar and Interplanetary Radio Spectrometer (SIR) etc.

Свечение гелия He II 304 над тенью пятен

Загайнова Ю. С.

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

Чувствительность параметров хромосферной линии *He I* 10830 часто связывают с вариациями УФ-потока излучения из короны. В качестве индикатора коронального излучения выбрана эмиссионная линия *He II* 304. Проведена оценка свечения гелия $\lambda 304\text{\AA}$ над тенью пятен по данным SOHO за период наблюдений с 2002 по 2007 годы. Из данных выбраны пятна, расположенные вблизи центра солнечного диска, и имеющие круговую или близкую к ней симметрию. Получена зависимость контраста в линии $\lambda 304\text{\AA}$ над тенью пятен от их площади, выраженной в миллионных долях полусферы (МДП). Идентификация пятен и определение их площади осуществлялось по изображениям TRACE в области УФ-континуума. Выполнено сравнение с результатами наблюдений в линии *He I* 10830, полученных на большом внеатменном коронографе ИСЗФ СО РАН.

Обработка данных [1] и совмещение изображений $\lambda 304\text{\AA}$, $\lambda 10830\text{\AA}$ и УФ-континуума осуществлялись в среде IDL 6.1. Для получения контраста в линии $\lambda 304\text{\AA}$ значение интенсивности в каждой точке изображения делилось на усредненное значение интенсивности спокойной области вблизи центра солнечного диска и затем усреднялось в пределах тени каждого солнечного пятна.

Выявлено разделение на отдельные ветви зависимостей параметров линий $\lambda 304\text{\AA}$, $\lambda 10830\text{\AA}$ [2] для пятен площадью > 10 МДП, расположенных

в головной и хвостовой частях АО. Так, контраст в линии $\lambda 304\text{\AA}$ в ~ 2.5 раза меньше для ведущих пятен. Полученные результаты позволят лучше понять механизмы формирования линии гелия $He\ I\ 10830$ в активных образованиях, таких как солнечные пятна.

- [1] Chuprakov S.A., Kushtal G.I., Papushev P.G., Skomorovsky V.I., Zagaynova Yu.S.//Multi-Wavelength Investigations of Solar Activity, IAU Symp. 223, Cambridge University Press, 2004, p. 183.
- [2] Zagaynova Yu. S., Papushev P.G. and Chuprakov S.A.//An investigation of the He I 10830 triplet profile in sunspot umbrae.// IAU XXVIth General Assembly Prague 14-25 August 2006, JD-03, Abstract Book, p. 278.

Нагрев плазмы при параметрическом возбуждении звуковых колебаний в корональных магнитных петлях

Зайцев В.В.¹, Кислякова К.Г.²

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

² *Нижегородский госуниверситет, Нижний Новгород*

Рассмотрен нагрев плазмы в корональных магнитных петлях, обусловленной диссипацией звуковых колебаний, возбуждаемых при параметрическом резонансе с 5-минутными осцилляциями скорости фотосферной конвекции. Определена энергия звуковых колебаний в корональной магнитной петле, скорость диссипации звуковых колебаний и соответствующая функция нагрева корональной плазмы. Вычислена максимальная температура в вершине петли и ее зависимость от скорости фотосферных осцилляций, длины петли и величины электрического тока в петле. Показано, что рассмотренный механизм может объяснить происхождение квазистационарных рентгеновских петель с температурами 3-6 МК. Длина этих петель является «резонансной» для возбуждения звуковых колебаний 5-минутными фотосферными осцилляциями. Обсуждается возможное приложение рассмотренного механизма нагрева для рентгеновских петель на звездах поздних спектральных классов.

Исследование магнитного поля активных областей импульсных солнечных вспышек на потенциальность

Зимовец И.В.

*Институт космических исследований, Москва, Россия,
e-mail: ivanzim@iki.rssi.ru*

В работе исследуется характер магнитного поля реальных активных областей Солнца, порождающих вспышки: существенно ли отклонение поля от его потенциального состояния? Для этого проверяется связность парных хромосферных источников нетеплового жесткого рентгеновского излучения (ЖРИ), наблюдаемых космическим аппаратом (КА) RHESSI более чем в 20 импульсных солнечных вспышках вблизи центра солнечного диска, силовыми линиями магнитного поля, рассчитанного в потенциальном приближении методом функции Грина (метод Шмидта). Во всех исследуемых вспышках между парными источниками нетеплового ЖРИ наблюдаются источники теплового ЖРИ, свидетельствующие о том, что рассматриваемый в ЖРИ объект — вспышечная система магнитных петель. Для модельной аппроксимации магнитного поля в хромосферу и корону в качестве граничных данных используются фотосферные магнитogramмы полного солнечного диска продольной по лучу зрения компоненты магнитного поля, полученные магнитографом MDI на борту КА SOHO. Конфигурация силовых линий модельного магнитного поля также сравнивается с корональными структурами, наблюдаемыми в активных областях некоторых из рассматриваемых вспышек в линиях ультрафиолетового излучения 171 и 195 Å КА TRACE и прибором EIT на борту КА SOHO. Установлено, что в половине исследуемых событий парные хромосферные источники нетеплового ЖРИ соединяются модельными корональными силовыми линиями. Это может указывать на то, что отклонение магнитного поля от потенциального состояния в соответствующих вспышечных областях сильно локализовано, что не отражается на общей топологии поля. Угол шира между прямой, соединяющей центры ярких парных нетепловых источников ЖРИ, и перпендикуляром к линии инверсии магнитной полярности в среднем больше в событиях с отсутствием соединения источников, что может говорить о наличии значительных крупномасштабных токов в соответствующих вспышечных областях.

Распространение ускоренных заряженных частиц в модельном магнитном поле солнечной короны

Зимовец И.В.^{1,2}, Струминский А.Б.¹, Хибер Б.²

¹Институт космических исследований, Москва, Россия,
e-mail: ivanzim@iki.rssi.ru, e-mail: astrum@iki.rssi.ru

²Christian-Albrechts University, Kiel, Germany,
e-mail: heber@physik.uni-kiel.de

Наблюдения солнечных энергичных заряженных частиц (ЗЧ) в гелиосфере, как вблизи плоскости эклиптики, так и на полюсах, свидетельствуют в пользу значительного ($> 150^\circ$) долготного и широтного распространения ЗЧ из вспышечной области в слое толщиной несколько $R_\odot$ вблизи Солнца, после чего они распространяются преимущественно вдоль силовых линий межпланетного магнитного поля. До сих пор остается загадкой, какой именно физический процесс ответственен за подобное поведение энергичных ЗЧ: 1) локальное вспышечное ускорение и последующее распространение ускоренных ЗЧ в неоднородном квазистационарном магнитном поле солнечной короны; 2) ускорение и доставка ЗЧ на удаленные от вспышечной области гелиошироты и гелиодолготы в процессе развития коронального выброса массы, создаваемых им ударных волн и переконфигурации магнитного поля. Вероятно, солнечное энергичное событие, результатом которого является инжекция ускоренных ЗЧ в межпланетную среду, может являться совокупностью двух этих сценариев, проявляющих себя в той или иной мере в различных событиях, что активно, но без явных успехов пытаются выяснить.

Данной работой мы начинаем развитие метода проверки идеи о распространении вспышечных ЗЧ в магнитном поле солнечной короны, в предположении его глобальной потенциальности, квазистационарности и неподверженности существенным топологическим изменениям при выбросе корональной массы. Предполагается, что характер коронального распространения ускоренных в локальной вспышечной области ЗЧ определяется исключительно магнитным полем солнечной атмосферы, что должно иметь место вследствие малости гирорадиуса ускоренных ЗЧ по сравнению с характерным размером магнитопазменных структур короны. Используется модель [1] коронального потенциального магнитного поля с включением поверхностной сферы на высоте $1.5 R_\odot$ над фотосферой, где поле предполагается радиальным. В рамках используемой модели поля разработан алгоритм поиска магнитного соединения области на поверхностной сфере номинального основания паркеровской спирали межпланетного магнитного поля космического аппарата (КА), детектирующего ускоренные ЗЧ, со вспышечной областью ускорения ЗЧ посредством как

открытых, так и замкнутых силовых линий. Проверяется идея модели «птичьей клетки» [2], в которой предполагается, что ускоренные ЗЧ могут распространяться в короне посредством контактирующих магнитных петель.

Анализ 8 солнечных протонных событий, наблюдаемых одновременно в плоскости эклиптики КА GOES и STEREO и на высоких гелиоширотах КА Ulysses, в том числе уникальной серии 4 событий декабря 2006 г., и 12 импульсных электронных событий, наблюдаемых в плоскости эклиптики прибором EPIN/SOHO, указывает на то, что модельное потенциальное магнитное поле короны может качественно отвечать за доставку энергичных ЗЧ от места их ускорения в необходимые области на поверхностной сфере. Но, в некоторых крупных событиях необходимо учитывать влияние коронального выброса массы — как минимум на структуру коронального магнитного поля.

- [1] Schrijver C. J. and DeRosa M. L. // Solar Phys., 2003, v.212, p.165.
- [2] Newkirk G. J. and Wentzel D. G. // J. Geophys. Res., 1978, v.83, p.2009.

Диагностика колебаний магнитных силовых трубок на Солнце по наблюдаемым характеристикам зебра-структуры

Злотник Е.Я., Зайцев В.В.

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

Обсуждается возможность получения информации о колебательных процессах в магнитных силовых трубках на Солнце на основании анализа волнообразного частотного дрейфа зебра-структуры на динамическом спектре солнечного радиоизлучения. Показано, что осцилляторное изменение частоты зебра-полос может быть связано с БМЗ осцилляциями в силовой трубке, которые приводят к колебаниям величины магнитного поля и электронной концентрации. На примере события 25.10.1994, зарегистрированного радиоспектрографом Астрономического института Потсдама, продемонстрирована возможность определения параметров БМЗ колебаний по наблюдаемым характеристикам зебра-структуры.

Связь между широтными распределениями групп пятен и крупномасштабных магнитных полей Солнца

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

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

В работе исследуется связь между широтными распределениями групп пятен (по данным расширенного Гринвичского каталога) и крупномасштабного магнитного поля Солнца (по синоптическим картам распределения магнитных полей обсерватории Стэнфорда за 1976-2008 годы). Показано, что эта связь достаточно сильна в эпохи высокой и средней пятенной активности. Предлагается модель, позволяющая частично реконструировать широтное распределение магнитных полей с 1874 года по данным Гринвичского каталога. Исследовано соответствие между полученной реконструкцией и другими косвенными данными по геометрии крупномасштабного магнитного поля Солнца.

Эруптивные и вспышечные корональные выбросы масс и крупномасштабная структура магнитного поля Солнца

Иванов Е.В.

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

Исследована связь основных параметров эруптивных и вспышечных КВМ (скорости, ширины, массы, кинетической энергии, ускорения или замедления на участке их траектории от 2.5 до 20 радиусов Солнца) с элементами крупномасштабной структуры магнитного поля Солнца (поясом и цепочками корональных стримеров на поверхности источника, открытыми конфигурациями магнитного поля – на поверхности Солнца). Использованы каталоги эруптивных КВМ, связанных с наблюдавшимися на лимбе эруптивными протуберанцами (каталог Е.В. Иванова, В.Г. Файнштейна), и вспышечных КВМ (КВМ типа гало из каталога Гопалсвами) с источниками на диске Солнца. Исследована степень концентрации эруптивных и вспышечных КВМ к поясу, цепочкам корональных стримеров, открытым конфигурациям магнитного поля (корональным дырам). Обнаружено, что эруптивные КВМ больше тяготеют к цепочкам корональных стримеров, а вспышечные – к поясу корональных стримеров. Обнаружена

также большая степень концентрации эруптивных КВМ к открытым конфигурациям магнитного поля по сравнению со вспыхивающими КВМ. Изучена зависимость скорости вспыхивающих КВМ от их положения на диске Солнца и зависимость основных параметров вспыхивающих КВМ от характера источника (балла вспышки). Обнаружено систематическое различие средних скоростей для эруптивных КВМ, концентрирующихся к поясу и цепочкам корональных стримеров и рост средней скорости КВМ при удалении от пояса корональных стримеров. Рассмотрены циклические изменения исследуемых параметров КВМ в течение 1997-2006 гг. Сделан вывод о преимущественной связи эруптивных КВМ с волокнами и цепочками корональных стримеров и вспыхивающих КВМ — с активными областями и поясом корональных стримеров.

Циклические изменения дифференциального вращения Солнца, II

Ихсанов Р.Н., Иванов В.Г.

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

Для понимания природы солнечного магнетизма фундаментальное значение имеет знание пространственных и временных свойств вращения Солнца.

Ранее нами было показано [1], что скорость дифференциального вращения, полученная на основе изучения солнечных пятен, зелёной короны и магнитного поля, зависит от фазы 11-летнего магнитного цикла.

В данной работе для исследования характера вращения крупномасштабного магнитного поля Солнца использованы корональные дыры (КД) по материалам наблюдений на обсерватории Китт Пик в линии He I 10830 Å за период 1975-2003 годов. С помощью преобразования Фурье были выделены все моды вращения КД в интервале периодов от 25 до 33 суток. Показано, что на фазе I, охватывающей время подъёма и максимума 11-летнего цикла, и на фазе I — времени спада и минимума, наблюдается существенное различие в дифференциальном вращении.

Найденные свойства вращения Солнца обсуждаются совместно с результатами, полученными ранее [1, 2].

- [1] Ихсанов Р.Н., Иванов В.Г. Труды Всероссийской ежегодной конференции по физике Солнца, 2008, СПб, с.145.
- [2] Ikhsanov R.N and Ivanov V.G., Solar Physics, 1999, v.188, p.245.

Особенности широтной и долготной эволюции корональных дыр в 11-летнем солнечном цикле

Ихсанов Р.Н., Тавастшерна К.С.

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

На основе каталога [1], составленного по наблюдениям обсерватории Китт Пик в линии HeI 10830 Å за период 1975-2003 гг. проводится исследование циклической эволюции корональных дыр (КД). В отличие от нашей предыдущей работы [1] наряду с КД с площадями >5000 мдп, рассмотрены также КД с площадями 1500-3000 мдп, которые в большинстве своем являются короткоживущими. Показано, что свойства последних заметно отличаются от таковых у крупных КД. В частности, наблюдается их более тесная связь с активными образованиями в зависимости от четных и нечетных циклов.

Обсуждается эволюция КД на разных фазах 11-летнего цикла. Рассматривается их связь с факелами, зеленой короной и другими характерными проявлениями солнечной активности.

- [1] Тавастшерна К.С., Тлатов А.Г. Каталог и атлас синоптических карт корональных дыр и полостей волокон в линии HeI 10830 Å, СПб, 2006, 565 с.
- [2] Ихсанов Р.Н., Тавастшерна К.С. Труды XI Пулковской международной конференции по физике Солнца, СПб, 2007, с.193.

Характеристики СА затяжной фазы минимума 23 солнечного цикла

Ишков В.Н.

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

Очередным сюрпризом развития последнего цикла солнечной активности стала беспрецедентная длительность спада относительных чисел солнечных пятен, которая привела уже к рекордной длительности последнего солнечного цикла среди достоверных циклов (с 1849 г.). Фаза минимума, начавшаяся в мае 2005 г., длится уже четыре года, но на ноябрь 2008 г. спад ещё не достиг минимальной точки и формально новый 24 цикл СА

ещё не начался, хотя большинство немногочисленных структур, появляющихся на видимом диске Солнца имеют полярность нового цикла. Фаза спада подарила нам две мощных вспышечно-активных группы пятен, сентября 2005 г. и декабря 2006 г. (+5.5 и +6.6 лет от максимума), которые по вспышечному потенциалу занимают 4 и 20 место среди самых вспышечно-активных областей за последние 4 цикла СА. Последние два года фазы минимума дают возможность оценить и проанализировать солнечные активные явления в условиях минимальной генерации солнечных магнитных полей. Нужно отметить, что по числу беспятенных дней последний цикл ещё значимо уступает солнечному циклу 13, но уже опередил 15. Несмотря на малое количество малых и микро вспышечных событий корональные выбросы вещества небольшой интенсивности регулярно наблюдаются коронографами SOHO до 10 СМЕ в неделю. Вопрос об их источниках пока открыт, но имеет принципиальное значение для определения порога вспышечных событий с минимальной энергией. Корональные дыры значимо потеряли уровень своей геоэффективности и даже при значимой площади вызывают на средних широтах лишь небольшие возмущения, интенсивность которых далека от уровня малых магнитных бурь. Эти факты ставят в повестку дня детальные исследования явлений солнечной активности в глубоком затяжном минимуме.

Моделирование спектра солнечного протуберанца

Калинин А.А.

*Уральский госуниверситет, Екатеринбург,
e-mail: kaalrgu@rambler.ru*

Код РН, описанный в [1], модифицирован для расчетов спектра протуберанца. Приводятся модельные расчеты в линиях водорода и кальция.

[1] Uitenbroek H. // *Astrophys.J.*, 2001, v.557, p.389.

**Моделирование радиоизлучения пятенного источника
в переходной зоне по наблюдениям АО 10935
на РАТАН-600**

Кальтман Т.И., Коржавин А.Н.

*С.-Петербургский филиал Специальной астрофизической
обсерватории, С.-Петербург, e-mail: arles@mail.ru*

Промоделировано излучение пятенного источника в переходной области (от хромосферы к короне) в предположении о циклотронном механизме излучения, с учетом вклада первых пяти гармоник. Обсуждается возможный вклад теплового тормозного механизма излучения и его влияние в данных наблюдений. По наблюдениям АО 10935 на РАТАН-600 восстановлено распределение кинетической температуры электронов с высотой в переходной зоне в предположении о циклотронном механизме излучения и дипольном распределении магнитного поля. Полученный из наблюдений плавный характер распределения температуры в широкой переходной зоне, противоречит простой двухступенчатой модели, использованной для расчетов излучения. Обсуждается применение найденного распределения температуры к модели переходного слоя и его влияние на результаты моделирования радиоизлучения пятенного источника.

**Моделирование распространения СКЛ
в трехмерном пространстве**

Картавыж Ю.Ю.¹, Дрёге В.², Клекер, Б.³, Ковальцов Г.А.¹

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

²*Institut für Theoretische Physik und Astrophysik, Universität
Würzburg, 97074, Würzburg, Germany,
e-mail: wolfgang.droege@astro.uni-wuerzburg.de*

³*Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik, Garching, Germany,
e-mail: berndt.klecker@mpe.mpg.de*

Как правило, распространение солнечных космических лучей (СКЛ) рассматривалось лишь вдоль магнитной силовой линии. Тем не менее, имеющиеся наблюдения событий СКЛ на нескольких космических аппаратах под разными углами свидетельствуют о распространении частиц не только вдоль магнитного поля, но и перпендикулярно к нему. В настоящей работе

приводятся результаты моделирования распространения СКЛ в гелиосфере с учетом их диффузии перпендикулярно Паркеровскому магнитному полю.

В работе приведены пространственные распределения концентрации СКЛ для различных видов коэффициента перпендикулярной диффузии и значений длин свободного пробега. Исследуются также временные профили потоков СКЛ, которые будут наблюдаться на космических аппаратах, имеющих различные траектории во внутренней гелиосфере.

Влияние кулоновский потерь на относительное содержание ионов тяжелее железа в СКЛ

**Картавых Ю.Ю.¹, Дрёге В.², Клекер, Б.³, Кочаров Л.⁴,
Ковальцов Г.А.¹, Мёбиус Е.⁵**

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

² *Institut für Theoretische Physik und Astrophysik, Universität
Würzburg, 97074 Würzburg, Germany,
e-mail: wolfgang.droege@astro.uni-wuerzburg.de*

³ *Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik, Garching, Germany,
e-mail: berndt.klecker@mpe.mpg.de*

⁴ *Department of Physics, University of Turku, FI-20014 Turku, Finland,
e-mail: kocharov@utu.fi*

⁵ *Space Science Center and Department of Physics, University of New
Hampshire, Durham, NH 03824, e-mail: Eberhard.Moebius@unh.edu*

Для иона с зарядом Q и массой A эффективность ускорения является функцией отношения Q/A . До настоящего времени рассмотрение ускорения ионов в рамках зарядово-согласованных моделей было ограничено элементами, для которых были протабулированы коэффициенты для расчета скоростей ионизации и рекомбинации (элементы с зарядом ядра Z не более 30, то есть до цинка). На основании разработанного авторами работы метода расчета скоростей ионизации и рекомбинации для элементов с произвольными A и Z в данной работе было рассмотрено ускорение ионов в широком диапазоне Z . Показано, что невысокие кулоновских потери ионов, тяжелее железа, приводят к их повышенному относительному содержанию. В работе приводятся оценки возможного обогащения за счет такого механизма.

Быстрые вариации дифференциального вращения Солнца на фазе роста 22-го цикла Солнца

Касинский В.В.

ИрГТУ, Иркутск, e-mail: valent.38@mail.ru

По координатам групп-пятен и методом хромосферных трассеров-вспышек [1] (Sol.Geoph.Data) рассчитаны угловые скорости в фотосфере и хромосфере за период 1987-1991 гг. (585 групп пятен, около 20 000 вспышек). Обнаружены быстрые вариации суточного вращения — параметры a , b в формуле Фая с разрешением 0,25 года. Точность оценок угловой скорости достигает $0.01^\circ/d$. Средняя угловая скорость синодического вращения фотосферы за 5 лет составляет $\omega(\phi) = 13.45^\circ - 2.92 \sin^2 \phi$. Для хромосферы $\omega(\phi) = 13.62^\circ - 3.51 \sin^2 \phi$, что соответствует вращению кальциевых флоккулов.

Выявлены существенные временные вариации вращения, более сильные для b — параметра дифференциальности. Имеется регулярный тренд — уменьшение суточной угловой скорости на экваторе $a = 13.74 - 0.027T$ от минимума к максимуму (1990 г.) цикла. Наоборот, коэффициент дифференциальности увеличивается от минимума (1987 г.) к максимуму цикла. Аналогичный тренд имеется в хромосфере. Имеется значимая антикорреляция между уменьшением угловой скорости на экваторе и увеличением дифференциальности вращения, $R = -0.83$.

Временной ход разности угловой скорости «фотосфера-хромосфера» происходит в «антифазе». Усиление экваториального вращения в фотосфере сопровождается уменьшением вращения в хромосфере и наоборот. Это можно рассматривать как признак крутильных колебаний Солнца по высоте.

- [1] Касинский В.В. // Исследования по геомагнетизму, аэронауке и физике Солнца. М.: Наука, 1991. - вып. 95 - С. 113 - 121.

**Пространственная анизотропия вспышек в группах
пятен, векторные диаграммы бабочек и проблема
внешнего триггерного механизма вспышек**

Касинский В.В.

ИрГТУ, 664074 г. Иркутск, e-mail: vkasins@yandex.ru

Векторные диаграммы «широта-время» вспышек циклов 17–20, выявляют пространственную анизотропию вспышек (ПА) в системе координат пятен. Вектор $R(\phi, t)$ показывает среднее положение вспышек в системе координат центра групп-пятен. Его можно рассматривать как новый индекс солнечной активности, который выделяет некоторое направление на $\phi - t$ -диаграмме [1]. В данной работе построены векторные диаграммы вспышек на фазе роста 22-го цикла (1987–1991) на новом материале SGD - таблицы вспышек “H-Alpha Solar Flares” (comprehensive) и таблицы групп - пятен “Sunspot Groups”. Использовались следующие данные. Время вспышки — Day, UT (max); широта и долгота вспышки — Lat, CMD; время наблюдения группы — Day, (UT); широта и долгота группы от центрального меридиана — Lat, CMD. По этим данным рассчитывались — угловая скорость группы $\Omega(\phi)$ и долгота на момент вспышки $S(t)$, смещение вспышки по широте и долготе $\delta\phi, \delta\lambda$. Усреднением смещений по всем вспышкам в группе и по всем группам в интервале диаграммы находим $R(\phi, t)$. Всего обработано 17023 вспышек. Из них 12524 или 73,5% показали тип смещения (EN -SW), типичный в предположении, что возмущающий агент исходит из центра $(\phi - t)$ диаграммы. В 22-ом цикле солнечной активности подтверждается ПА вспышек. ПА вспышечного процесса имеет определенные следствия в отношении моделей вспышек. В случае общепринятого внутреннего источника энергии (магнитное поле), пространственное распределение вспышек при большом усреднении должно быть изотропным, $R(\phi, t) = 0$. Как показывают векторные диаграммы, $R(\phi, t)$ зависит от регулярным образом. Следовательно, в пространстве королевской зоны пятен должно действовать возмущение, которое, вызывает R-смещения вспышек. В соответствии с гипотезой ПА [1], наряду с внутренним источником энергии во вспышках следует учитывать и внешнее возмущение.

[1] Kasinsky V.V. // Astron. Astrophys. Trans. 1999. v.17. is.5 P. 341.

Возможный эволюционный статус солнечной активности

Кацова М.М.¹, Лившиц М.А.²

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

²ИЗМИРАН им.Н.В.Пушкова, Троицк Моск.обл.,
e-mail: maliv@mail.ru

Солнечная активность сравнивается с соответствующими процессами на звездах поздних спектральных классов, возраст которых отличается от солнечного. Прежде всего, отметим, что рентгеновская светимость поздних звезд рассеянных скоплений, которые на 1–100 миллионов лет моложе Солнца, на несколько порядков выше, чем у звезд солнечного типа. Это свидетельствует о том, что эти звезды обладают значительно более мощными коронами. Близкие по возрасту к Солнцу звезды, хромосферная активность которых изучается в рамках НК проекта, можно различить по различной степени запятненности поверхности. Сравнительно более молодые из них, а также компоненты двойных систем, являются сильно запятненными, тогда как у остальных звезд запятненность постепенно приближается к характерной для максимального Солнца. Детально проанализированы особенности вращения звезд НК проекта и короны Солнца как звезды. Показано, что Солнце входит в группу звезд, у которых циклы еще не установились. Проанализирован вопрос о том, насколько отчетливо на звездах НК проекта проявляется более короткий цикл по сравнению с основным: на Солнце это 2-3-летний цикл по сравнению с 10-11-летним. Выводы, следующие из сравнения активности на Солнце и других звездах, сопоставляются с результатами изучения собственно солнечной активности на временных шкалах от ста лет до десятков тысяч лет. Ряд вышеизложенных результатов опубликован в работах [1], [2], [3] и трудах "The 15th Cambridge Workshop on Cool Stars, Stellar Systems and the Sun" (2009).

- [1] Кацова М.М., Лившиц М.А. // Астрон. журн., 2006, т.83, с.649.
- [2] Кацова М.М., Бруевич Вл.В., Лившиц М.А. // Астрон. журн., 2007, т.84, с.747.
- [3] Кацова М.М., Лившиц И.М., Сикора Ю. // Астрон. журн. 2009, т.86, с.379.
- [4] Katsova, M. M., Livshits, M. A., Soon, W., Sokoloff, D. D. // Proceedings of the 15th Cambridge Workshop "Cool Stars, Stellar Systems and the Sun". AIP Conference Proceedings, 2009, v.1094, p.672.
- [5] Livshits, M. A., Katsova, M. M., Livshits, I. M., Sykora, J. // Proceedings of the 15th Cambridge Workshop "Cool Stars, Stellar Systems and the Sun". AIP Conference Proceedings, 2009, v.1094, p.748.

**Быстрый и медленный отклик хромосферных линий
 $H\alpha$ и $H\beta$ на воздействие нетепловых частиц во время
солнечной вспышки 26 апреля 2003 года**

**Кашапова Л.К.¹, Фролова А.С.^{1,2}, Kotrč P.³,
Мешалкина Н.С.¹**

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

²*Иркутский государственный университет, физический
факультет, Иркутск, e-mail: fas888@yandex.ru*

³*Astronomical Institute, Ondřejov, Czech Republic,
e-mail: pkotrc@asu.cas.cz*

Мы представляем результаты многоволнового исследования солнечной вспышки, произошедшей на западном лимбе 26 апреля 2003 года. Целью работы было изучение механизмов переноса энергии из короны в хромосферу во время солнечных вспышек. Были использованы данные Сибирского солнечного радиотелескопа (ССРТ, 5.7 ГГц), КА RHESSI (жесткое рентгеновское излучение) и интегральные потоки микроволнового излучения RSTN (245-15400 МГц), данные поляриметра радиообсерватории Нобейма и обсерватории Ондржеев (спектры линий $H\alpha$ и $H\beta$ с временным разрешением от 0.04 до 4 секунд). Проведено изучение взаимосвязи быстрой и медленной компонент изменения интенсивности линий $H\alpha$ и $H\beta$ с индикаторами присутствия ускоренных электронов во вспышечной плазме – жесткого рентгеновского и микроволнового излучений. В начале импульсной фазы вспышки в микроволновом диапазоне на частоте 5.7 ГГц наблюдались субсекундные импульсы (ССИ). Их возникновение обычно связывают с нетепловыми электронами, ускоренными в результате первичного энерговыделения. Это свойство ССИ позволило провести сравнение наблюдаемой реакции хромосферных линий с теоретическими расчетами, выполненными для субсекундных времен [1]. Полученные результаты обсуждаются с точки зрения возможного сценария развития вспышки.

- [1] Kasparova, J., Varady M., Heinzel, P., Karlicky, M., Moravec Z. // *Astronomy & Astrophysics*, 2009, in press

О наблюдательных проявлениях электрических токов внутренней короны

Ким И.С.

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

Прямые измерения магнитных полей и электрических токов, определяющих структурность короны, ее динамику, формирование корпускулярных потоков, остаются недоступными в обозримом будущем. В докладе обсуждается диагностика поля скоростей направленных потоков электронов, основанная на анализе прецизионных измерений линейной поляризации и относительного «показателя цвета» излучения К-короны в видимом континууме на расстояниях < 1.5 радиусов Солнца. До настоящего времени излучение внутренних областей К-короны, единственное проявление электронов корональной плазмы в оптике, регистрируется только во время полных солнечных затмений. Двумерные распределения степени и ориентации плоскости линейной поляризации по величине и по знаку, построенные с точностью 1 % для степени поляризации и 1 градус для ориентации плоскости поляризации и интерпретируемые в нерелятивистском приближении, выявляют во внутренней короне направленные потоки электронов (электрические токи) различного масштаба. Крупномасштабные структуры охватывают до 40 градусов по позиционному углу, «мелкомасштабные» имеют размер ~ 30 угловых секунд. Двумерные распределения относительного «показателя цвета» выявляют различие в «цвете» различных структур, которые могут объясняться различием радиальных относительно Солнца скоростей электронных потоков. Отмечена реализуемость таких экспериментов в космосе для задач космической погоды.

Модель протуберанца с «нормальной» полярностью поперечного поля

Киричек Е.А., Соловьёв А.А.

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватории

Излагается магнитогилоустатическая модель низкого протуберанца «нормальной» полярности, имеющего вид горизонтально расположенного прямого магнитного волокна (предполагается трансляционная симметрия системы). Получено новое нелинейное решение магнитостатической задачи для сжимаемой плазмы. Поле магнитного волокна, имеющего все три компоненты, быстро спадает с расстоянием от оси, внешнее магнитное поле отсутствует, полный продольный ток равен нулю. Температура и плотность плазмы волокна близки к наблюдаемым величинам.

**An instrument for measuring the electrostatic charging
of the International Space Station depending
on space weather**

***Kirov B.¹, Batchvarov D.², Krasteva R.², Boneva A.²,
Nedkov R.³, Klimov V.⁴, Grushin V.⁴, Georgieva K.¹***

¹*Solar-Terrestrial Influences Institute, Sofia, Bulgaria,
e-mail: bkirov@space.bas.bg*

²*Central Laboratory of Mechatronics and Instrumentation, Sofia,
Bulgaria, e-mail: dbatchvarov@clmi.bas.bg*

³*Space Research Institute, Sofia, Bulgaria, e-mail: rnedkov@space.bas.bg*

⁴*Space Research Institute, Moscow, Russian Federation,
e-mail: sklimov@rssi.ru*

Solar activity events disrupt the solar wind flow and cause disturbances in the near Earth space. One of the first who used the term "space weather" is the Russian scientist A.L.Chijevsky. In early XX century he found that after the appearance of sunspots, auroras at the Earth become stronger, and magnetic storms are registered. Chijevsky forwarded the hypothesis that space weather influences living and non-living nature through the space weather. It is now proven that space weather significantly influences climate and biological objects and technology systems on the Earth and in space.

One of the space weather related problems is the electrostatic charging of spacecrafts. It is the result of charged particles impinging on or being ejected from the spacecraft. The resultant charge is a function of the properties of the spacecraft materials and the various sources of charged particles such as thermal electrons and ions, photoelectrons, secondary electrons, and energetic electrons of magnetospheric origin. There are two main types of spacecraft charging: surface charging, caused by low-energy plasma and photoelectric currents, and internal dielectric charging caused by high-energy electrons penetrating dielectric materials. Surface charging can be uniform or differential, differing from point to point. Differential charging usually occurs after geomagnetic substorms, which result in the injection of keV electrons into the magnetosphere, but can be also due to the satellite self-shadowing. A solar cycle dependence was found with charging occurring more frequently and with greater severity during solar minimum. On the other hand, theoretical and experimental studies on the dynamics of the interaction of moving bodies in plasma have demonstrated that the body also disturbs the plasma. Of particular interest is the case when the body's velocity is intermediate between the electron and ion thermal velocities, characteristic for the low orbiting vehicles like manned spacecraft. However, all earlier studies have been conducted for relatively small and homogenous spacecraft, while with the launch and grad-

ual build-up of the International Space Station we for the first time face the problems of the interaction of a super-large structure at a low orbit with its environment. Moreover, the station is a very complex construction which is not fully metalized, so both the surface charging and the ambient disturbed plasma parameters are different in different points, and their special distribution is not known. In the present paper we describe the two Langmuir probes designed and manufactured in Bulgaria, a part of the Plasma Wave Complex PWC (Obstanovka experiment) aboard the Russian segment of the International Space Station, whose goal is to monitor the surface charging and the noises and disturbances in the surrounding plasma induced by the station and by the experiments conducted on it.

Дифференциальное вращение Солнца: физика и модели

Кичатинов Л.Л.

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

Гелиосейсмология определила распределение угловой скорости практически во всем объеме Солнца. Наблюдаемое на поверхности уменьшение скорости вращения от экватора к полюсам сохраняется с глубиной вплоть до основания конвективной зоны. Большая часть лучистой зоны вращается однородно. Непосредственно под основанием зоны конвекции имеется тонкий переходный слой от дифференциального к однородному вращению, называемый тахоклином.

Дифференциальное вращение формируется в результате взаимодействия конвекции с вращением, а также вследствие переноса углового момента глобальным меридиональным течением. Меридиональная циркуляция поддерживается центробежной и бароклинной силами. Последняя связана с зависимостью температуры от широты, возникающей из-за анизотропии конвективного переноса тепла. Имеется количественное описание этих процессов. Основанная на такой теории численная модель дает распределения скорости вращения, меридионального течения и температуры в близком согласии с имеющимися данными.

Однородное вращение в глубине лучистой зоны и тонкий тахоклин на ее поверхности удастся непротиворечивым образом объяснить лишь действием слабого реликтового магнитного поля. Расчеты наиболее медленно затухающих мод реликтового поля дают структуру поля, нужную для формирования тахоклина. Имеется численная модель тахоклина.

Приложение модели дифференциального вращения к подобным Солнцу звездам дает два основных предсказания: 1) неоднородность вращения для звезд данного спектрального класса слабо зависит от скорости вращения, и 2) величина дифференциального вращения убывает с уменьшением массы звезды, т.е. для относительно поздних спектральных классов. Ожидается проверка этих предсказаний по данным астросейсмологических программ MOST, CoRoT и Kepler.

Работы выполнялись при поддержке РФФИ, проекты 05-02-04015-ННИО и 09-02-91338-ННИО.

Морфологические характеристики вспышечно-активных областей Солнца

Князева И.С., Мильков Д.А.

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

В докладе рассматриваются методы математической морфологии для анализа MDI-данных. Подход мотивирован глубокой связью наблюдаемых вариаций магнитного поля с морсовскими свойствами математических векторных полей. Цель исследования - описание эволюции АО в терминах морфологических инвариантов и поиск обоснованных количественных характеристик, которые бы могли выступать в качестве предикторов солнечных вспышек. В качестве таких инвариантов используются функционалы Минковского (площадь, периметр и число Эйлера), которые меняются в процессе эволюции АО. Функционалы вычисляются по выборке множества уровней, полученных из фрагментов магнитограмм полного диска. Полученные результаты сравниваются для различных АО и фрагментов фона. Кроме этого, мы оцениваем топологические индексы сложности: так называемые числа Бетти. Показано, что предложенные параметры достаточно хорошо отслеживают вариации сложности магнитного поля АО и позволяют обнаружить всплывающий магнитный поток на временах, интересных для практических задач.

Уровень волновой (2-7 мГц) активности в космосе и на Земле во время магнитных бурь

Козырева О.В.¹, Клейменова Н.Г.^{1,2}

¹ *Институт физики Земли РАН, Москва, e-mail: kozyreva@ifz.ru*

² *Институт космических исследований РАН, Москва,
e-mail: kleimen@ifz.ru*

Новый индекс волновой активности в полосе 2-7 мГц (ULF-индекс) применен для исследования уровня интенсивности длиннопериодных вариаций магнитного поля в межпланетной среде и на земной поверхности (диапазон Pc5-Pi3 пульсаций). Для расчета 1-часовых значений ULF-индекса в межпланетной среде использовались 1-мин данные OMNI базы. ULF-индекс для земной поверхности вычислялся отдельно для полярных, авроральных и субавроральных геомагнитных широт по данным наземных магнитометров, входящих в глобальную сеть INTERMAGNET, и данным локальных сетей IMAGE, CARISMA, 210MM, GIMA и др. Статистические исследования уровня волновой магнитной активности выполнены как для магнитоспокойных условиях, так и во время больших и умеренных магнитных бурь. Уровень ULF волновой магнитной активности для земной поверхности оценивался отдельно для утреннего, дневного и ночного секторов магнитосферы.

В результате статистического анализа методом наложения эпох было получено, что в начальную фазу магнитной бури при большом динамическом давлении солнечного ветра наблюдаются сильные 2-7 мГц вариации в ММП. На земной поверхности наибольшая интенсивность геомагнитных пульсаций соответствующих периодов отмечается в утреннем секторе полярных широт и в ночном секторе авроральных широт. В главную фазу бури, несмотря на то, что интенсивность ULF вариаций в ММП падает, на земной поверхности отмечается сильная волновая активность — наиболее интенсивные пульсации наблюдаются в авроральных широтах, но не в ночном секторе, как это следовало бы ожидать, а в утреннем. В это время амплитуда ULF геомагнитных пульсаций в ночном секторе в два раза ниже, чем в утреннем секторе. Источником геомагнитных пульсаций является суббуревая активность. Восстановительная фаза бури характеризуется постепенным уменьшением волновой активности как в ММП, так и на земной поверхности.

Особенности хаотической динамики сильных магнитных полей Солнца

Костюченко И.Г.¹, Тимашев С.Ф.¹, Поляков Ю.С.²

¹ *НИФХИ им. Л.Я. Карпова, Москва,
e-mail: irkost@itep.ru, e-mail: serget@mail.ru*

² *US PolyResearch, Ashland PA17921, USA,
e-mail: upolyakov@uspolyresearch.com*

Проанализирована хаотическая составляющая вариаций индексов чисел Вольфа, площадей солнечных пятен и полного потока радиоизлучения на 2800 МГц. Значение последнего, как известно, в существенной степени определяется состоянием солнечной атмосферы над активными областями и пропорционально их количеству и размеру. Найденное значительное различие в характере хаотической динамики на временных масштабах порядка и меньше года, по-видимому, связано с тем, что указанные индексы солнечной активности отражают разные параметры процесса выхода на солнечную поверхность и развития активных областей. Поток радиоизлучения на частоте 2800 МГц в большей степени, чем числа Вольфа и площади солнечных пятен, характеризует сложность и изменчивость локальных конфигураций сильных магнитных полей на поверхности Солнца и их напряженность. Анализ регрессионных соотношений указывает на наличие предела на размер отдельных групп пятен и сложность конфигурации магнитного поля в них.

Использованный метод анализа временных рядов позволяет описывать вариации рассмотренных индексов солнечной активности в терминах процесса аномальной диффузии и сделать оценки значений соответствующих коэффициентов субдиффузии.

Первые результаты эксперимента ФОКА по регистрации солнечного EUV/XUV излучения

*Котов Ю.Д., Кочемасов А.В., Гляненко А.С., Юров В.Н.,
Архангельский А.И.*

*Институт астрофизики Московского инженерно-физического
института*

30 января 2009 г. ракетой-носителем Циклон-3 с космодрома «Плесецк» на околоземную орбиту был успешно выведен российский научный спутник «КОРОНАС-ФОТОН», предназначенный для изучения Солнца. В комплекс научной аппаратуры спутника входит созданный в МИФИ

прибор ФОКА, предназначенный для проведения эксперимента по измерению абсолютной плотности потока излучения Солнца (интегрального от всего диска) в диапазонах длин волн (0,5-11) нм, (27-37) нм и в линии Лайман-альфа атома водорода (121,6 нм).

28 февраля 2009 г. после четырехнедельной дегазации спутника прибор приступил к измерениям. Все системы прибора работают без сбоев. Прибор ведет постоянное (за исключением теневых участков орбиты) измерение солнечного излучения с временем набора данных 0,4с. Во время захода в тень Земли и выхода из нее прибор проводит оккультационные измерения.

За первые три месяца наблюдений было измерено излучение неактивного Солнца, а также зарегистрированы несколько солнечных вспышек (26.03.2009, 30.04.2009-02.05.2009).

О годовых вариациях чисел Вольфа

Крамныни А.П.

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

На основе наблюдений солнечных пятен в 1958-1993 гг. на Уссурийской астрофизической обсерватории исследованы годовые осцилляции чисел Вольфа. Для понимания происхождения вариаций анализировались следующие данные наблюдений: ряд чисел Вольфа для всего Солнца в целом, ряды чисел Вольфа для северного и южного полушарий отдельно, а также ряд индексов оценки качества, наблюдаемых изображений Солнца.

Для анализа использовались следующие методы: метод наложенных эпох, разложение ряда по естественным ортогональным функциям, спектральный анализ и метод комплексной демодуляции.

Установлено, что годовые вариации чисел Вольфа связаны как с изменениями гелиографической широты Солнца (геометрический эффект), так и с сезонными изменениями качества изображений Солнца на фотографиях (атмосферный эффект).

Тензор проводимости корональной плазмы

Круглов А.А.

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

Величины удельных сопротивлений плазмы (продольного и поперечного) определяют в МГД приближении скорость диффузии магнитного поля сквозь плазму и скорость омической диссипации энергии, содержащейся в магнитном поле. Поэтому знание тензора проводимости важно для построения МГД моделей хромосферного нагрева магнитных петель на Солнце и звёздах поздних спектральных классов (G, K, M), также обладающих горячей короной с сильным магнитным полем.

Данная работа посвящена расчёту тензора проводимости плазмы в многожидкостном МГД приближении для условий, характерных для звёздных корон: малая оптическая толщина короны, высокая степень ионизации, наличие как минимум двух сортов ионов (водород и гелий), магнитное поле, достаточное для замагничивания электронов. Благодаря этому поперечная к магнитному полю (педерсеновская) проводимость может определяться не рассеянием электронов, а другими процессами с участием различных ионов или нейтралов, также присутствующих в небольших количествах.

В работе получены численные формулы для проводимости плазмы, дано теоретическое объяснение полученных зависимостей. Показано, что в случае высокой степени ионизации плазмы ($T > 200\,000$ K) проводимость может определяться двумя разными режимами. При высоких магнитных полях B поперечная компонента сопротивления определяется столкновениями протон — нейтральный водород и растёт как B^2 . При меньших B ($B/n < (0,5 \dots 1) \cdot 10^{-9}$ Гс $\cdot$ см³ для $T = (0,2 \dots 10) \times 10^6$ K) поперечное удельное сопротивление $\rho_{\perp}$ определяется столкновениями протон — ядро гелия, не зависит от магнитного поля и составляет $\rho_{\perp} \approx 30\rho_{\parallel}$. Режим, когда поперечное сопротивление определяется электрон-протонными столкновениями, обычно не реализуется, т. к. требует $B/n < 3 \cdot 10^{-15} \dots 10^{-12}$ Гс $\cdot$ см³.

**К вопросу о возможном механизме влияния
космических лучей на формирование ледяной фазы
в атмосфере Земли**

Кудрявцев И.В.^{1,2}

¹ *ФТИ им. А.Ф.Иоффе, С.-Петербург,
e-mail: igor.koudriavtsev@mail.ioffe.ru*

² *ГАО РАН, С.-Петербург*

В докладе рассматривается возможный механизм влияния космических лучей на процесс образования частиц льда в атмосфере Земли. Известно, что частицы льда могут образовываться в атмосфере за счет двух механизмов: гомогенного и гетерогенного. В ходе данного рассмотрения за основу берется возможность влияния космических лучей на прозрачность атмосферы для видимого и инфракрасного излучения, что приводит к изменениям высотного распределения температуры. В результате проведенных расчетов показано, что такие вариации температуры будут влиять на процесс льдообразования и приводить на разных высотах либо к усилению кристаллической фазы в атмосфере, либо к её ослаблению в зависимости от характера изменения прозрачности атмосферы.

Работа поддержана грантами РФФИ 07-02-00379, 09-02-00083 и Программой Президиума РАН № 16

**Evolution of Current Helicity in the Solar Cycle and its
Statistical Distribution**

**Kuzanyan K.^{1,3}, Gao Y.¹, Xu H.Q.¹, Zhang H.Q.¹, Sokoloff D.²,
Sakurai T.⁴**

¹ *National Astronomical Observatories, Chinese Academy of Sciences,
Beijing 100012, China, e-mail: gy@bao.ac.cn*

² *Department of Physics, Moscow State University, Russia*

³ *Solar-Terrestrial Physics Division, IZMIRAN, Russia*

⁴ *National Astronomical Observatory of Japan, Japan*

Here we review recent findings on the analysis of vector magnetic field data, obtained as a result of systematic monitoring of solar active regions for more than 20 years at several observatories, in particular at Huairou Solar Observing Station in China, for which electric current helicity was computed. The amount of the data allow us to see in latitude-time diagram behaviour of solar helicity during the 22nd and 23^d solar cycles.

We have found that helicity in the northern and southern hemispheres of the Sun has opposite sign, and this anti-symmetry is more complicated than Hale's polarity law for sunspots. Helicity patterns propagate equatorwards like sunspots. In contrast to the sunspot polarity, however, helicity does not change sign from cycle to cycle but has two significant time-latitudinal domains in every cycle when the sign is inverted. This property has not yet been included into the solar dynamo theory. We have also observed positive time lag between helicity and sunspot patterns, which is a challenge for solar dynamo theory.

By analysis of statistical properties of helicity distribution over active regions in our samplings, we found that about 60% of each two year subsamples are well Gaussian and 40% of that rather far from Gaussian. Furthermore, the non-Gaussian current helicities are found to be higher and more correlated with the eruptive phenomena in the solar atmosphere.

This work is a part of long-term collaboration between the Russian and Chinese Solar physicists, which is supported by Chinese Academy of Sciences and National Natural Sciences Foundation of China, joint project with Russian Fund for Basic Research, most recent grant No. 08-02-92211 as well as RFBR grants 07-02-00246 and 07-02-00127.

Первые результаты комплекса инструментов ТЕСИС на спутнике КОРОНАС-ФОТОН

***Кузин С.В.¹, Богачев С.А.¹, Житник И.А.¹, Перцов А.А.¹,
Бугаенко О.И.², Шестов С.В.¹ и коллектив ТЕСИС***

*¹ Учреждение Российской Академии наук Физический институт
им. П.Н.Лебедева РАН, Москва, e-mail: bogachev@sci.lebedev.ru*

*² Государственный астрономический институт им.
П.К.Штернберга МГУ, Москва*

В докладе изложены результаты работы комплекса солнечных инструментов ТЕСИС на борту спутника КОРОНАС-ФОТОН, полученные в течение первых пяти месяцев после вывода обсерватории на орбиту. ТЕСИС был разработан и создан в ФИАН в содружестве с Центром космических исследований Польской Академии наук, поставившим в состав аппаратуры рентгеновский спектрофотометр Сфинкс. Всего в ТЕСИС входят шесть научных инструментов, согласованных по научным задачам и работающих под единым управлением. ТЕСИС предназначен для исследования атмосферы Солнца с высоким временным и пространственным разрешением и должен помочь ответить на фундаментальные вопросы современной астрофизики: как формируется и изменяется магнитное поле

солнечной короны, как в нем накапливается свободная магнитная энергия и энергия токов и как происходит трансформация этой энергии во множество активных явлений в солнечной атмосфере. Приводятся многочисленные примеры наблюдений и дается общая характеристика состояния короны и переходного слоя Солнца в условиях глубокого минимума активности.

Численное моделирование двойного плазменного резонанса в солнечной короне

Кузнецов А.А.

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

Для интерпретации солнечных радиовсплесков с тонкой спектральной структурой типа «зебра» чаще всего используется модель двойного плазменного резонанса (ДПР). Эффект ДПР заключается в значительном увеличении инкремента плазменных волн в областях, где локальная плазменная частота совпадает с гармоникой электронной циклотронной частоты. Последующая трансформация плазменных волн в электромагнитные приводит к формированию характерного спектра радиоизлучения.

Эффект ДПР был подробно изучен во многих работах, как аналитически, так и с помощью численного моделирования. Тем не менее, ряд вопросов остаются нерешенными — например, пока нет единого мнения, какое распределение ускоренных электронов ответственно за формирование зебра-структуры. Данная ситуация во многом связана с тем, что дисперсионное уравнение колебаний горячей плазмы является довольно сложным, и его аналитическое решение в общем случае невозможно. В существующих работах используются различные приближенные формулы для дисперсионных параметров плазменных волн, что не всегда оправдано.

В данной работе проводится моделирование эффекта ДПР с использованием точного дисперсионного уравнения колебаний горячей плазмы. Параметры колебаний находятся с помощью численного решения данного уравнения, что позволяет рассмотреть распространение плазменных волн под различными углами к магнитному полю, а также полностью учесть вид и направление вектора электрического поля в данных волнах. Используемые параметры плазмы и магнитного поля соответствуют типичным условиям в активных областях солнечной короны. Вычисляется инкремент колебаний в присутствии различных анизотропных распределений

ускоренных электронов, исследуется зависимость инкремента от параметров плазмы. Проводится сравнение с наблюдениями и с результатами других теоретических работ.

МГД неустойчивости в анизотропной плазме

Кузнецов В.Д.¹, Джалилов Н.С.^{1,2}

¹ *ИЗМИРАН, г.Троицк Московской области*

² *ШАО АН респ. Азербайджан, г.Баку, e-mail: NamigD@mail.ru*

Для жидкостного описания плазмы солнечной короны и солнечного ветра в бесстолкновительном приближении применены 16-ти моментные уравнения переноса, которые являются интегральными соотношениями кинетического уравнения Власова. Полученная система МГД уравнений отличается от известных ЧГЛ-МГД уравнений тем, что она включает в себе два дополнительных уравнения для анизотропных тепловых потоков, при этом два закона адиабат для продольного и поперечного давления не выполняются. В рамках этих уравнений проанализированы волны и неустойчивости неограниченной плазмы с анизотропным давлением вдоль и поперек магнитного поля, изучены эффекты, связанные с тепловыми потоками. Наряду с классическими несжимаемыми шланговыми модами, которые не изменяются по сравнению с приближением ЧГЛ, найдены две новые сжимаемые моды (тепловые волны), а также аналоги быстрых и медленных МГД волн. Установлено, что в присутствии начальных тепловых потоков вдоль магнитного поля фазовые скорости всех найденных мод являются асимметричными по отношению к направлению внешнего магнитного поля, т.е. волны распространяются вдоль и против магнитного поля с различными скоростями. При некоторых значениях параметров плазмы происходит взаимодействие мод между собой. Сильное взаимодействие происходит между обратными (распространяющимися против направления магнитного поля) модами. В области взаимодействия мод, где фазовые скорости волн совпадают, возникает неустойчивость. В отличие от ЧГЛ теории возможны оба типа неустойчивостей — апериодическая и колебательная. При резонансном взаимодействии трех обратных мод (быстрые тепловые и зеркальные и медленные тепловые) в условиях возникновения классической шланговой неустойчивости возникает новый тип неустойчивости. Эта неустойчивость имеет максимум инкремента при наклонном распространении, и он может превосходить максимум инкремента обычной шланговой неустойчивости. В отличие от обычной шланговой неустойчивости найденная неустойчивость обусловлена сжимаемыми возмущениями плазмы. Вычислены возмущения плотности в найденных

модах. Наряду с этими показано, что критерий возникновения зеркальной неустойчивости точно совпадает с соответствующим условием, полученным из кинетического рассмотрения. Тем самым устранено главное расхождение между кинетическими и ЧГЛ-гидродинамическими описаниями бесстолкновительной плазмы. Это означает, что рассмотренные уравнения являются корректными для описания плазмы для тех условий, когда обычные изотропные МГД уравнения не применимы.

Роль самопоглощения и эффекта Разина в формировании частотного спектра микроволнового излучения солнечных вспышек

Кузнецов С.А.¹, Мельников В.Ф.^{1,2}

¹*ФГНУ НИРФИ, ННГУ им. Лобачевского, Нижний Новгород
e-mail: corner1988@mail.ru*

²*Главная астрономическая обсерватория РАН, С.-Петербург*

На основе моделирования частотного спектра микроволнового излучения установлены особенности динамики спектра микроволнового всплеска в зависимости от того, роль какого эффекта является определяющей в формировании низкочастотного (НЧ-) завала спектра на частоте 17 ГГц: самопоглощения или эффекта Разина. Модель предсказывает, что при низком отношении концентрации плазмы к магнитному полю $n_0/B < 5 \times 10^8 \text{ см}^{-3} \text{ Гс}^{-1}$ причиной НЧ-завала спектра является самопоглощение, а при высоком отношении $n_0/B > 5 \times 10^8 \text{ см}^{-3} \text{ Гс}^{-1}$ — эффект Разина. При этом параметр $\alpha = \log(F_2/F_1)/\log(f_2/f_1)$ увеличивается на фазе роста и уменьшается на фазе спада всплеска в случае определяющей роли самопоглощения. При доминирующей роли эффекта Разина параметр α , наоборот, увеличивается на фазе спада.

Полученные теоретические закономерности сопоставлены с данными об эволюции частотного спектра микроволнового излучения ряда солнечных вспышечных петель, наблюдавшихся с помощью радиогелиографа Нобеяма с высоким временным и пространственным разрешением на частотах 17 и 34 ГГц. В ходе исследования установлено, что сильное подавление Разина на частоте 17 ГГц имело место только в одном из 11-ти исследованных событий за 2002-2005 гг., а в остальных событиях основной причиной НЧ-завала спектра на 17 ГГц являлось самопоглощение. Это говорит о том, что на столь высоких частотах, как 17 ГГц, доминирование эффекта Разина — явление, достаточно редкое во вспышечных петлях, и в большинстве случаев на частотах $f < 17 \text{ ГГц}$ доминирует самопоглощение. Однако, в некоторых событиях подавление Разина может играть существенную роль и им нельзя пренебрегать при радиодиагностике вспышечных петель.

Вариации магнитного потока наибольших пятен в группах в 20-м цикле солнечной активности

Кузнецова М.А.

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

В данной работе проведены исследования магнитного потока наибольших пятен в группах. Выявлены параметры, хорошо согласующиеся с 11-летним циклом солнечной активности.

Оценка массы выбросов в эруптивных событиях по радиоданным

Кузьменко И.В.¹, Гречнев В.В.², Уралов А.М.²

¹ *Уссурийская астрофизическая обсерватория ДВО РАН,
Уссурийск, e-mail: kuzmenko_igina@mail.ru*

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

Исследованы события 15/16 июня 2000 г. и 01/02 июня 2002 г., по-видимому, относящиеся к малоизученному классу взрывных эрупций. В таких событиях возможно разрушение магнитной структуры эруптивного волокна и разбрасывание его фрагментов в виде облака по значительной части поверхности Солнца. Анализ изображений, полученных в этих событиях в крайнем ультрафиолетовом диапазоне на телескопе SOHO/EIT в каналах 195 Å и 304 Å, выявил возникновение диммингов различной формы и распространение корональной волны в событии 01/02 июня 2002. В обоих событиях в обсерваториях Нобейма, Лермонт и УАФО на ряде частот диапазона 1–10 ГГц зарегистрированы отрицательные радиовсплески, обусловленные, по всей видимости, поглощением солнечного радиоизлучения в облаке, образованном фрагментами волокна.

Разработана модель, позволяющая по наблюдаемому на нескольких частотах поглощению радиоизлучения оценить параметры поглощающей плазмы — кинетическую температуру, оптическую глубину, площадь поглощающего облака и его высоту над хромосферой. Модель позволила оценить массы выбросов в рассматриваемых событиях. Верхний предел массы выброшенного вещества в событии 15/16 июня 2000 г. составил $1,3 \cdot 10^{15}$ г, в событии 01/02 июня 2002 г. — 10^{15} г. Полученные оценки

температур 8000–9000 К показывают, что в обоих событиях поглотителем являлось вещество эруптировавшего холодного волокна. Поглощающие облака в этих событиях имели площадь 2–6% от площади солнечного диска, достаточную для затенения части яркого радиоисточника и областей спокойного Солнца. Поглощение фонового излучения Солнца в холодном водороде, находящегося в облаке фрагментов волокна, может наблюдаться как кратковременная депрессия излучения в крайнем ультрафиолетовом диапазоне, особенно в канале 304 Å, а также как отрицательный радиовсплеск.

**Узкополосные широкоугольные перестраиваемые
ступени оптического фильтра
на основе двухлучевых интерферометров
с полупрозрачными металлическими слоями**

Кулагин Е.С.

*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН
С.-Петербург, e-mail: :kulaginevgeny@bk.ru*

Разработана схема ступеней солнечного оптического фильтра на основе двухлучевых интерферометров с полупрозрачными металлическими слоями. Такие ступени выполняют роль узкополосных ступеней интерференционно-поляризационного фильтра, но обладают рядом положительных отличий:

- 1) в разработанных ступенях не используются кристаллы, необходимая разность хода интерферирующих лучей возникает в стекле и в воздухе;
- 2) при определенном соотношении разностей хода в стекле и в воздухе ступени-интерферометры имеют широкое угловое поле зрения;
- 3) полупрозрачные металлические слои обеспечивают достаточно равное светоделение в широкой области спектра. Небольшого изменения разности хода в стекле достаточно для перемещения широкого углового поля зрения ступени в большом спектральном диапазоне.

Для первого деления луча используется полупрозрачный слой серебра, обладающий малым поглощением. Для соединения ступеней между собой применяются полупрозрачные металлические слои, выполненные 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, выходящие лучи из одной ступени-интерферометра готовы к последующему переналожению с необходимой разностью хода в стекле и в воздухе. Здесь решающее значение имеет значительное

уменьшение поглощения таких металлических слоев в максимумах интерференционных картин.

Для устойчивости юстировки ступени-интерферометры выполняются в виде жесткого склеенного каркаса из прямоугольных призм с воздушными зазорами. В эти зазоры вставляются дополнительные оптические элементы, работающие на пропускание. Точное переналожение изображений производится поворотами стеклянных клиньев. Изменение оптического хода в стекле и сканирование по спектру осуществляется параллельным перемещением других клиньев.

Создан рабочий макет первой склеенной ступени-интерферометра и проведены его лабораторные испытания. На основе полученного опыта в настоящее время изготавливаются две ступени. Они предназначаются для испытаний на телескопе.

Степень стабильности потока солнечных нейтрино по данным эксперимента SAGE (1990-2007)

Кутвицкий В.А., Семикоз В.Б.

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

Выясняется степень, с которой данные эксперимента SAGE [1, 2, 3] указывают на постоянство потока солнечных нейтрино. Показано, что в первом приближении этот поток постоянен, а функция распределения потока нейтрино одномодовая. При более детальном анализе данных выясняется, что первые два года эксперимента (1990-1992 гг) демонстрируют картину, несколько отличную от картины, обнаруживаемой в последующие годы эксперимента. Отличительной особенностью этих первых лет эксперимента является более сильный разброс потока нейтрино по сравнению с последующей эпохой. Обсуждаются как возможные астрономические следствия этого результата [4], так и возможные систематические эффекты на основании анализа нестационарности погрешностей по всем 168 измерениям (ранам) на протяжении всех 18 лет наблюдений.

- [1] Д.Н. Абдурашитов, Е.П. Веретенкин, В.М. Вермоль и др. [SAGE коллаборация], ЖЭТФ **122**, 211 (2002); V.N. Gavrin for the SAGE collaboration, J.N. Abdurashitov, Bowles, T. J., Cleveland, B. T., et al., Nucl. Phys. **B118**, 39 (2003).
- [2] V.N. Gavrin and B.T. Cleveland, 2007, e-Print arXiv: nucl-ex/0703012.
- [3] J.N. Abdurashitov, V.N. Gavrin, V.V. Gorbachev et al., e-Print arXiv: nucl-ex/0901.2200 v.1
- [4] V.A. Kutvitsky, V.B. Semikoz, D.D. Sokoloff, Astronomy Reports, Volume 53, Issue 2, pp.166-172 (2009)

Новый физический механизм влияния солнечной и геомагнитной активности на климат

Лаптухов А.И., Лаптухов В.А.

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

Предложен корректный в энергетическом отношении физический механизм влияния солнечной и геомагнитной активности на приземную температуру воздуха. В основе этого механизма лежит возможность влияния малых в энергетическом отношении внешних возмущений (солнечного излучения, изменения прозрачности земной атмосферы космическими лучами, потоков частиц из ионосферы в верхние слои атмосферы, ионосферных ветров и др.) на управление динамикой *неустойчивой* атмосферы, неоднородно нагреваемой из-за геометрического фактора излучением Солнца. На большом массиве данных наблюдений (за ≈ 100 лет) многих метеорологических станций показано, что температура воздуха на средних широтах в годы, близкие к максимуму солнечной активности, в среднем на $DT = 0.11^\circ - 0.15^\circ$ выше, чем в остальные годы. При этом скорость изменения температуры внутри одного 11-летнего цикла по климатическим меркам является большой: в среднем около 2.5 градусов за сто лет. Вблизи экватора и полюсов величина DT отрицательная и меньше по величине. Предложено объяснение широтной зависимости параметра DT с использованием средней глобальной картины циркуляции воздуха в атмосфере Земли.

Различие температуры воздуха в соседних циклах солнечной активности разной интенсивности

Лаптухов А.И., Лаптухов В.А., Петров В.Г.

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

Для каждого месяца года m для многих метеорологических станций за время ≈ 100 лет рассчитана средняя разность температур поверхности Земли $DT(m) = T_2(m) - T_1(m)$ между соседними циклами активности Солнца. Здесь $T_2(m)$ ($T_1(m)$) – средняя температура в месяце с номером $m = 1, 2, \dots, 12$ в том из каждой пары чётных и нечётных циклов, в котором максимальные числа Вольфа больше (меньше). Показано, что средние за год параметры $DT = \langle DT(m) \rangle$ для 21 станции России, разделённых на три

равные группы с растущими долготами от 30° до 142° , положительны и равны: $DT_{\min} = 0.21^\circ, 0.28^\circ, 0.31^\circ$ для минимальных (ночных) температур и $DT_{\max} = 0.14^\circ, 0.29^\circ, 0.13^\circ$ соответственно для максимальных (дневных) температур. Эти данные российских станций существенно отличаются по знаку и величине от других (например, западноевропейских и канадских) станций. Выявлена зависимость параметра DT от широты, долготы и месяца года. Полученные результаты указывают на солнечную обусловленность изменения климата Земли. По-видимому, величина и знак параметра DT как функции широты и долготы обусловлен вариациями величины и направления глобальной циркуляции воздуха с периодом ≈ 22 года.

Особенности циклических изменений общего магнитного поля Солнца в 21-23 циклах

Лейко У.М.

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

Циклические изменения общего магнитного поля Солнца (ОМПС) исследованы по рядам суммарных среднемесячных и среднегодных значений ОМПС, его модуля, положительной и отрицательной компонент.

В качестве исходного материала использован Станфордский ряд точных измерений ОМПС (15.05.1975-30.04.2009), включающий три последних цикла солнечной активности.

Продолжительность последнего 23 цикла ОМПС составляет не меньше 13 лет, в то время как двух предыдущих — около 10 лет. Мощность последнего цикла также ниже, чем двух предыдущих. На фазе роста цикла ОМПС наблюдается ослабление ОМПС, по времени совпадающее с достижением максимального значения среднегодных чисел Вольфа. Подтверждается тенденция понижения уровня солнечной активности

**Сравнительные особенности магнитного расщепления
линий FeI 6093.66 и 6094.419
в спектрах солнечных пятен**

Лозицкий В.Г.¹, Шеминова В.А.²

¹*Астрономическая обсерватория Киевского национального
университета имени Тараса Шевченко, Обсерваторная 3, 04053,
Киев, Украина, e-mail: lozitsky@observ.univ.kiev.ua*

²*Главная астрономическая обсерватория НАН Украины, Академика
Заболотного 27, 03680 МСП, Киев, Украина,
e-mail: shem@MAO.Kiev.UA*

Линии 6093.66 и 6094.419 интересны тем, что принадлежат к одному мультиплету FeI №1177 и имеют почти одинаковые глубины формирования и температурные чувствительности, но различные по знаку факторы Ланде (0.33 и -0.22, соответственно). Можно ожидать, что местах сильных и квазигоднородных магнитных полей (например, в центральных участках больших солнечных пятен) они должны показывать зеемановское расщепление противоположного знака, т.е. с обратным знаком «волны» параметра Стокса V. Однако, как показало исследование спектров около 10 солнечных пятен, наблюдавшихся на эшелюном спектрографе горизонтального солнечного телескопа АО КНУ, в действительности почти во всех случаях отмечается одинаковый знак расщепления этих линий. Наиболее четко это видно для пятен в центральной зоне диска Солнца, и несколько менее однозначно — вблизи лимба. Расчеты по программе SPANSATM показали, что при однородном магнитном поле пятна с индукцией в 3000 Гс должна наблюдаться положительная «волна» параметра Стокса V для линии 6093.66 и отрицательная — для линии 6094.419.

Планируется обсудить следующие возможности объяснения этих данных.

1. Инструментальные эффекты. В принципе, возможно некоторое влияние эффектов Эвершеда и турбуленции в спектрографе. Однако, поскольку названный эффект наблюдается и с мозаикой Скоморковского, и с призмой-расщепителем (аналог призмы Волластона), и кроме того, теллурические линии не показывают заметных инструментальных смещений, определяющее влияние инструментальных эффектов представляется маловероятным. Следует отметить, что подобный случай в линии 6094.419 отмечался также Соланки и Стенфлю (1984) по наблюдениям с Фурье-спектрометром, но в области солнечных факелов.

2. Изменение полярности магнитного поля с глубиной на обратную во всех без исключениях пятнах. Учитывая, что различие глубин образования этих линий в пятнах всего несколько километров (при на порядок большей протяженности функции вклада), также и это предположение

едва ли можно считать правдоподобным.

3. Другие эффекты. Хотя у линии 6094.419 фактор Ланде (-0.22) определен в лабораторных условиях и поэтому, казалось бы, его значение и знак не должны вызывать сомнений, возможно, существует какое-то фундаментальное отличие лабораторных и солнечных магнитных полей, приводящее к наблюдаемому эффекту. Одна из возможностей — действие частичного эффекта Пашена-Бака в мелкомасштабных особо сильных полях порядка нескольких сотен тысяч гаусс. Спектрально-поляризационные эффекты в пользу близких по величине полей найдены во вспышках (Лозицкий, 1993; 1998), однако там они выступают как весьма локальные (1-2 Мм) и кратковременные (10-15 мин) проявления. Сомнительно, чтобы такие поля регулярно и надолго появлялись в почти каждом большом пятне.

- [1] Solanki S.K., & Stenflo J.O.: 1984, *Astron.Astrophys.*, Vol.140, No1.
- [2] Лозицкий В.Г.: 1993, 1998. *Кинем. и физ. неб. тел.*, т. 9, №. 3 и т.14, №. 5.

Problem of interpretation of solar magnetic field observations

Lozitsky V.G.¹, Staude J.², Gordovskyy M.Yu.³

¹*Astronomical Observatory of Kyiv Taras Shevchenko National
University, Observatorna str.3, 04053, Kyiv, Ukraine,
e-mail: lozitsky@observ.univ.kiev.ua* ²*Astrophysikalisches Institut
Potsdam, An der Sternwarte 16, D-14482 Potsdam, Germany,
e-mail: jstaude@aip.de* ³*Jodrell Bank Centre for Astrophysics, University
of Manchester, UK, e-mail: Mykola.Gordovskyy@manchester.ac.uk*

Solar magnetic fields have very small-scale, spatially unresolved structure (likely, with less than 100 km diameters of the smallest elements). In this case, two- or three-component models are required for interpretation of solar magnetic field observations. However, this approach leads to the considerable ambiguity of the final results. Even in the case of two-component model, about ten free model parameters are needed. In our report we plan to discuss this problem taking into account the old and new data of different authors.

An interesting and important result concerning this topic was recently published by Ulrich et al (2009). It was found that measured magnetic field strength in FeI 5233 line is substantially different on different distances from

line center — the discrepancies can reach a factor of five. This strong effect does not allow to use this line as 'standard' non-saturated line suitable for longitudinal magnetic field measurements inside and outside sunspots.

A similar effect was found earlier by Lozitsky (1980) using spectral data with circular polarization analyzer. Gopasyuk (1985) obtained a similar effect in FeI 5324 line based on magnetographic observations. Notice, the FeI 5324 line is very close spectrally to FeI 5233. Lozitsky and Tsap (1989) interpreted these data as a result of two-component magnetic field structure, with ordinary line profiles in background field and more narrow profiles with weakened wings in the unresolved fluxtubes. Lozitsky (2003) calculated the Voigt parameters for both magnetic components. Lozitsky and Staude (2008) analyzed the FeI 5233 and some other lines in two solar flares and obtained the observational evidences for multi-component magnetic field structure. Each component of this structure has strong (kG range) magnetic field and very narrow line profiles, down to 50 mÅ. Gordovskyy (2001) considered the instrumental profile broadening effect and concluded that real half-widths of line profiles like FeI 5233 are about 20 mÅ, which is only possible in small-scale structures with 3.5 kG field strength. Lozitsky (2009) investigated the FeI 5233 and 5397 lines in X17.2/4B solar flare on October 28, 2003, and found the observational evidences to three-component magnetic field structure containing background field of 300 G and two small-scale components of 1.3-3.1 kG and 8-10 kG. The observed line profiles corresponding to the small-scale components have half-widths of 50-70 mÅ.

Thus, these and some other data give the evidences of a wide range of physical condition changes in the subtelescopic structures in solar flares and, perhaps, outside flares.

- [1] Gopasyuk, S.I.: 1985, *Izv. Krim. Astrofiz. Obs.*, 1985, 159.
- [2] Gordovskyy, M.Yu.: 2001, BSc Thesis, 31p.
- [3] Lozitsky, V.G.: 1980, *Phys. Solariterr.*, Potsdam, 14, 88.
- [4] Lozitsky, V.G.: 2003, *DrSci Dissertation*, 299p.
- [5] Lozitsky, V.G.: 2009, *Astron. Letters*, 35, 136.
- [6] Lozitsky, V.G., and Tsap T.T.: 1989, *Kinem. Fiz. Neb. Tel.* 1989, 5, 50.
- [7] Lozitsky, V.G., Staude, J.: 2008, *Journ. Astrophys. Astr.*, 29, 387.
- [8] Ulrich, R.K., Bertello, L., Boyden, J.E., and Webster, L.: 2009, *Solar Phys.*, 255, 53.

Цикл солнечной активности в источниках и потоках солнечного ветра

Лотова Н.А.¹, Владимирский К.В.², Обриджко В.Н.¹

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

² *Физический институт им. П. Н. Лебедева РАН, Москва*

В экспериментах по массовому зондированию окосолнечной плазмы, $R \approx 4.0-70R_s$, в 1997–2007 гг. изучается пространственное положение границы переходной, трансзвуковой области солнечного ветра R_{in} . Эти данные использовались затем во взаимосвязанном изучении структуры потоков солнечного ветра и магнитных полей в короне, на поверхности источника, $R \approx 2.5R_s$. Метод изучения основан на построении корреляционных диаграмм зависимости $R_{in} = F(|B_R|)$ расположения границы переходной области R_{in} от напряженности магнитного поля $|B_R|$ на поверхности источника. На корреляционной диаграмме $R_{in} = F(|B_R|)$ солнечный ветер распадается на дискретные ветви — типы потоков. Изучение типов потоков по непрерывному ряду данных 1997–2007 гг. позволяет сформулировать физический критерий, определяющий временные границы эпох в текущем, 23 цикле солнечной активности.

Математические аспекты моделирования цифровых изображений

Макаренко Н.Г.

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

Доклад начинается с краткого обзора особенностей цифровых изображений природных объектов. Затем вводятся необходимые понятия цифровых аналогов кривых, поверхностей, границ и классов функций, допустимых для изображений. Затем рассматриваются два подхода к моделированию. Первый из них основан на теории обобщенных функций с ограниченной вариацией. В простейшем варианте, рассматривается мера Радона, определенная на Липшицевой области изображения. Мера определяется как полная вариация функций из пространства Соболева, т.е. как интеграл от модуля градиента яркости или контраста. Тогда, обобщенный вариант теоремы Банаха об индикатрисе (формула коплощади),

позволяет выразить вариацию через сумму периметров множества уровней, взвешенных параметром Лебега. Этот подход дает удобный способ оценки вариации измеренной величины, например, магнитного потока, по «топографии» $2D$ поверхности.

Второй подход основан на идеях мультифрактальных каскадов. Он опирается на статистическое самоподобие (масштабную инвариантность) Радоновых мер высококонтрастных изображений. Используя скейлинговые характеристики эмпирической меры можно построить мультифрактальный каскад, который продуцирует ансамбль копий наблюдаемой меры для масштабов, недоступных прямым измерениям. Полученное таким способом *сверхразрешение* дает статистическое описание мелкозернистой геометрии поля внутри пиксела.

Формализм иллюстрируется на примерах солнечных MDI .

Фазы полярного цикла и колебания скорости вращения Солнца

Макарова В.В., Пархоменко А.В.

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

В работе представлены результаты исследования взаимосвязи полярного цикла с изменением скорости вращения Солнца на $r = 0.98R$.

Вариации магнитного поля солнечного ветра в последних циклах солнечной активности

Макарова Л.Н., Широчков А.В., Николаева В.Д.

ГУ ААНИИ, Санкт-Петербург, e-mail: lutak638@aanii.nw.ru

Аномальные явления в климате и погоде Земли, наблюдаемые в последние годы, настоятельно требуют обратить более пристальное внимание на особенности изменчивости солнечной активности в эти периоды. В данной работе проанализированы квази-стационарные вариации параметров солнечного ветра в течение 23-го цикла солнечной активности. Было обнаружено, что главной особенностью данного цикла являются более низкие значения магнитного поля солнечного ветра по сравнению с предыдущими двумя циклами солнечной активности. Наблюдения показывают, что максимум магнитного поля солнечного ветра наряду с большим количеством высокоскоростных потоков солнечной плазмы с низкой плотностью заряженных частиц отмечался в 2003-2004 годах, спустя некоторое время после максимума числа солнечных пятен в июне 2002 г. Высокоскоростные потоки солнечной плазмы с низкой плотностью заряженных частиц связаны с возрастанием явлений выброса корональной массы Солнца (CME events) на фазе спада солнечной активности. Квази-стационарные значения потоков солнечного ветра в период 2005-2007 г.г. (минимум солнечной активности) при величинах скорости солнечного ветра порядка 450 км/с и высокой плотностью частиц являются характерными для эпохи минимума активности в 23-ем цикле. Разумно предположить, что эти потоки солнечной плазмы связаны с развитием гелиосферных токовых полос (sheaths) и корональных выбросов в периоды ослабленных значений магнитного поля Солнца. Квази-стационарные значения магнитного поля солнечного ветра демонстрируют более длительный период вариаций (порядка 50 лет) с максимумом в 21 и 22 циклах и минимумом в 20 и 23 циклах. Структура магнитных полей Солнца определяет различные уровни солнечной активности, включая интенсивность полной солнечной радиации (TSI) и величину энергии солнечного ветра, передаваемую в околоземное космическое пространство. Одним из важнейших продуктов взаимодействия солнечного ветра и магнитосферы Земли является система электрических полей, которая воздействует на ионосферу, среднюю атмосферу и приземный слой нашей планеты. Следовательно, это влияние в немалой степени определяет вариации климата и погоды на Земле.

Динамика движений в спокойных солнечных волокнах

Машнич Г.П., Башкирцев В.С., Хлыстова А.И.

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

По данным спектральных наблюдений в Саянской Солнечной Обсерватории (ИСЗФ, Иркутск) исследовались временные изменения лучевых скоростей в спокойных солнечных волокнах.

Из анализа пространственного распределения различных мод колебаний, показано, что короткопериодические колебательные движения (<10 мин) распространяются в основном вертикально, наблюдаются на краях волокон, на масштабах в несколько угловых секунд. Квазичасовые колебательные движения (>40 мин) распространяются преимущественно вдоль волокна под небольшим углом к его оси. В спектрах колебаний кроме этих двух мод обычно присутствуют периоды в интервале 14–25 минут. В отдельных фрагментах некоторых волокон обнаружены вариации интенсивности в ядре линии H_{β} с периодом около часа. Наблюдаемые структуры скоростей в волокнах и разбаланс устойчивых движений на противоположных сторонах волокон объяснимы с точки зрения модели скрученной тонкоструктурной магнитной трубки.

Микроволновая диагностика положения области ускорения и питч-угловой анизотропии ускоренных электронов во вспышечных петлях

Мельников В.Ф.

*Главная астрономическая обсерватория РАН, С.-Петербург
ФГНУ НИРФИ, Нижний Новгород, e-mail: melnikov@nirfi.sci-nnov.ru*

Среди нерешенных проблем солнечных вспышек остаётся проблема ускорения электронов. В частности, до сих пор не установлено, где локализована область ускорения (в вершине петли, вблизи ее оснований, или же ускорение идет однородно по всей вспышечной петле). Совсем мало известно о питч-угловом распределении ускоренных электронов.

Определение места ускорения и наличия поперечной или продольной анизотропии распределения электронов в конкретной вспышечной петле важно для выбора между альтернативными механизмами и моделями ускорения электронов. Одним из самых плодотворных методов решения задачи выбора является исследование радиоотклика на процессы во

вспышечных петлях. Существенным для этой цели стало появление радиогелиографов с высоким пространственным разрешением. Важную роль сыграли теоретические разработки по кинетике нетепловых электронов во вспышечной петле и по их гиросинхротронному излучению. Всё это позволили выйти на качественно новый уровень радиоастрономической диагностики процессов ускорения и кинетики нетепловых электронов во вспышечных петлях.

В докладе сделан обзор новых исследований, посвященных диагностике положения области ускорения и питч-угловой анизотропии ускоренных электронов во вспышечных петлях. Приведены результаты подробного анализа распределений радиояркостности, наклона частотного спектра и поляризации вдоль вспышечных петель для ряда конкретных солнечных вспышек. Отмечено существование большого класса вспышечных петель, в которых ускорение среднерелятивистских электронов происходит в вершине вспышечной петли. Показано, что в значительной части событий во вспышечных петлях реализуется питч-угловое распределение нетепловых электронов с поперечной анизотропией. Вместе с тем, для некоторых вспышек убедительно доказано наличие продольной анизотропии.

Активность Солнца – начало глобального минимума

Мерзляков В.Л.

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

Предлагается прогноз солнечной активности, основанный на известной 200-летней её вариации. Исходя из такой вариации, следует ожидать серию солнечных циклов малой мощности аналогичную эпохе «минимума Дальтона» конца XVIII – начала XIX веков. Наиболее вероятным сценарием прогноза является 3 последовательные цикла с максимумами 50 – 70 единиц чисел Вольфа. Для 24 цикла максимум будет около 50 единиц, что согласуется с наблюдаемым 2.5-кратным понижением напряженности полярного магнитного поля текущего минимума по сравнению с предыдущими эпохами [1]. Максимум 24 цикла наступит в интервале 2016 г. – 2017 г. в соответствии с установленной закономерностью удлинения минимума солнечной активности на 5-6 лет в начале эпохи «глобального минимума» [2].

[1] <http://wso.stanford.edu/gifs/Polar.gif>

[2] Merzlyakov V. L. // Solar Phys., 1997, v.170, p.425.

Диаграммы бабочек фотосферных магнитных полей в 21-23 циклах солнечной активности

Милецкий Е.В., Иванов В.Г.

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

На основании данных измерений фотосферных солнечных магнитных полей, выполненных в обсерваториях Китт-Пика и Стэнфорда, изучается широтная эволюция крупномасштабного магнитного поля в 21-23 циклах солнечной активности. Показано, что диаграммы «бабочек Маундера» для групп пятен и крупномасштабных магнитных полей имеют похожую структуру.

Для диапазона гелиоширот $-40^\circ \div +40^\circ$ проведено сравнительное исследование циклической эволюции широтных и мощностных характеристик локальных (пятна) и крупномасштабных магнитных полей. Показано, что тесная зависимость между интенсивностью магнитного поля и размером низкоширотной зоны активности, установленная ранее по пятнам для локальных магнитных полей, подтверждается и для крупномасштабных полей Солнца.

Комплекс программ для оценки скейлинговых, топологических и морфологических характеристик цифровых изображений

Мильков Д.А.¹, Князева И.С.¹, Каримова Л.М.²

¹*Главная Пулковская обсерватория РАН, Санкт-Петербург,
e-mail: milkov@yandex.ru*

²*Институт математики, Алма-Ата, Казахстан*

Обсуждается макет программ, ориентированный на извлечения физически значимой информации из поля яркости цифровых изображений высокого разрешения. Он позволяет получать локальные значения регулярности (Гельдеровские экспоненты) на основе емкостей Шоке и традиционной сумм-меры. Такие характеристики служат для мультифрактальной сегментации изображения, выделения сингулярных областей (ребер, контуров) и вычисления их геометрических мер. Программы позволяют кроме того вычислять инварианты алгебраической топологии (числа Бетти), которые дополняют геометрическое описание. В состав пакета входят подпрограммы, позволяющие оценивать функционалы Минковского (площади, периметры и число Эйлера). В докладе иллюстрируются приложения пакета на примере магнитограмм полного диска Солнца. Макет реализован в среде MatLab.

Solar Cosmic Rays: Recent Results, Arising Problems and New Ideas

Miroshnichenko L.I.

N.V. Pushkov Institute IZMIRAN, Troitsk, Moscow Region, 142190, Russia

Based on generous materials of the 30th International Cosmic Ray Conference (Merida, Yucatan, Mexico, 3-11 July 2007), 30th Russian Cosmic Ray Conference (July 2008) and some recent publications (2005-2009), we critically review the most keen, disputable questions of solar energetic particle (SEP) production at/near the Sun.

The main of them are following:

- Two classes of SEP events: Impulsive vs. Gradual, or SEP event continuum?
- Multiple acceleration processes at/near the Sun and contribution of CME-driven shocks.
- High-energy cutoff of solar cosmic ray (SCR) spectrum.
- New concept of Ground Level Enhancement (GLE).
- Two-source acceleration scenario for GLEs: Solar and interplanetary aspects.
- Long-standing problems and arising matters.

The last series of topics includes, in particular:

- Change of observational situation (e.g., registration of SCR by non-standard installation - muon detectors, EAS arrays etc.);
- Physical implications of gamma-emission and neutron data (neutron capture line, effect of density enhancement under the flare site, $3\text{He}/1\text{H}$ ratio in the Sun's photosphere etc.)
- Initial stage of acceleration (spectrum splitting for protons and electrons in the source).
- Modeling techniques (method of additional fluctuations).
- Muon diagnostics of the Earth's atmosphere, near-terrestrial space and heliosphere.

Some conclusions:

1. It seems that original euphoria of recent times associated with the estimation of the CME role in solar-terrestrial relationships (i.e., in "Space Weather") comes to the end. Now a more quiet and thoughtful analysis starts with the purpose to make clearer the underlying physical processes that cause the generation of CMEs and flares, to clarify their relative importance in helio-geophysical disturbances.

2. Distinct separation of solar proton events (SPE) on two classes (impulsive and gradual ones), most likely, does not correspond to the reality and it should be replaced by a continuum ("continuous spectrum"). Nevertheless, rare powerful SCR events, as before, deserve of special attention from the physical and applied points of view.
 3. Spectra of SPEs with relativistic protons (GLE) seem may not be explained by the model of shock acceleration in the solar atmosphere and/or in the interplanetary space. To describe them adequately, we are needed in the very efficient and fast mechanism of particle acceleration directly in the source(s).
 4. It is necessary to suggest not only adequate mechanism of SCR acceleration, but also to elaborate the detailed physical model and self-consistent scenario of an event, with due account for all complex of solar observations.
 5. A great importance of SCR data for resolving some general astrophysical problems is emphasized.
- [1] L.I. Miroshnichenko and J. Perez-Peraza. Astrophysical Aspects in the Studies of Solar Cosmic Rays (Invited Review). — International Journal of Modern Physics A (IJMPA), 2008, v.23, No.1, p.1-141.
- [2] L.I. Miroshnichenko. Solar Cosmic Rays in the System of Solar-Terrestrial Relations (Review). — Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics (Special Issue of ISROSES Proceedings), 2008, v.70, p.450-466.

Влияние теплового тормозного излучения на микроволновый спектр вспышечных петель

Моргачев А.С., Поляков В.Е.

*ФГНУ НИРФИ, ННГУ им. Лобачевского, Нижний Новгород
e-mail: a.s.morgachev@mail.ru, polyakov-146q@list.ru*

Одной из характеристик гиротропного (ГС) излучения является высокочастотный спектральный индекс, отражающий наклон частотного спектра и позволяющий определить важнейший параметр вспышки - показатель энергетического спектра ускоренных электронов. Однако, в оптически тонкой области спектра наблюдаемый поток микроволнового излучения представляет собой сумму потоков ГС излучения энергичных частиц и теплового тормозного излучения горячей плазмы. Поэтому

при диагностике наклона энергетического спектра электронов необходимо учитывать вклад тепловой компоненты.

Для определения степени влияния тормозного излучения на микроволновый спектр конкретных вспышечных петель в работе использовались данные радиогелиографа Нобеля и спутника GOES, регистрирующего потоки теплового рентгена от Солнца в каналах 1-8 и 0.5-4 ангстрем. На статистике из 11 вспышек установлено, что: 1) влияние теплового тормозного излучения на наблюдаемый наклон спектра незначительно на фазе максимума всплесков, но может быть существенным на фазе спада; 2) тепловое тормозное излучение оказывает наибольшее влияние на спектральный индекс в основаниях вспышечной петли.

О природе меридионального дрейфа крупномасштабных магнитных полей

Мордвинов В.И., Плюснина Л.А.

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

Для рассмотрения меридионального переноса крупномасштабных областей фонового магнитного поля применен гидродинамический подход. По аналогии с меридиональным распространением крутильных колебаний в тропосфере Земли [1], удовлетворительно описываемых распространением баротропных волн Россби, проведены вычисления для Солнца. Показано, что те же самые моды подходят и для объяснения квазидвухлетних вариаций фонового магнитного поля, связанных с меридиональным переносом и последующими переполюсовками полярного магнитного поля. В качестве исходных использованы данные измерений фонового магнитного поля на обсерватории Kitt Peak.

- [1] Мордвинов В. И., Иванова А. С., Девятова Е. В. // Оптика атмосферы и океана, 2009, т.22, No2, с.1.

**Восстановление трехмерной магнитной структуры
AR 10930 по методу оптимизации**

Мышьяков И.И.¹, Руденко Г.В.²

*Институт Солнечно-Земной Физики, Иркутск,
¹e-mail: ivan_m@iszf.irk.ru, ²e-mail: rud@iszf.irk.ru*

Целью работы является восстановление трехмерной структуры магнитного поля активной области AR 10930 в бессиловом приближении. Восстановление производится по методу оптимизации на основе реальных данных. Суть оптимизационного метода заключается в последовательной эволюции начального (потенциального) поля в исследуемой области пространства к некоей бессиловой структуре, соответствующей реальной магнитограмме. Критерием степени достоверности реконструкции является сравнение полученной конфигурации силовых линий с наблюдаемой петельной структурой в ультрафиолетовом и рентгеновском диапазонах. Показывается, что силовые линии восстановленного поля с высокой точностью повторяют сигмоидную структуру, видимую на рентгеновском изображении активной области (соответствующая иллюстрация доступна по интернет-адресу <http://bdm.iszf.irk.ru/NLFF.htm>). Оценка свободной энергии восстановленного магнитного поля до и после X3.4 вспышки 13 декабря 2006 показывает, что ее уменьшение превышает порог 10^{32} эрг, необходимый для вспышек такого класса и корональных выбросов масс.

**Влияние высокоскоростных потоков солнечного ветра
на релятивистские электроны внешнего РПЗ
в марте-апреле 2009 года по данным прибора
«Электрон-М-Песка» (КОРОНАС-ФОТОН)**

**Мяжкова И.Н., Панасюк М.И., Денисов Ю.И.,
Богомолов А.В., Калегасев В.В., Старостин Л.И.**

*Научно-исследовательский институт ядерной физики, Москва,
e-mail: irina@srd.sinp.msu.ru*

Солнечная обсерватория КОРОНАС-Фотон, третий ИСЗ серии КОРОНАС, был выведен на круговую полярную орбиту 30 января 2009. Высота орбиты составляет 545-590 км, наклонение — 82,5 градуса. Научная информация с прибора Электрон-М-Песка начала поступать с 4 марта 2009. Уже в первые месяцы работы, несмотря на условия минимума солнечной активности (СА), прибором Электрон-М-Песка были зарегистрированы значительные (примерно на порядок) возрастания потока релятивистских

электронов (энергии 1-4 МэВ) во внешнем радиационном поясе Земли (РПЗ), начавшиеся после слабых магнитной бури ($Dst = -28$ nT) 13 марта и 9 апреля 2009 года. Причиной данных магнитных возмущений, а следовательно, и возрастаний потоков электронов, стал приход рекуррентных потоков высокоскоростного солнечного ветра, связанных, по всей видимости, с экваториальной корональной дырой, существовавшей на Солнце в первой четверти 2009 года. Следует отметить, что в указанные периоды времени уровень как буревой, так и суббуревой (авроральной) активности был невысок. Однако несколькими магнитными станциями была зафиксирована значительная волновая активность. Предположительно именно волновая активность привела к ускорению электронов внешнего РПЗ. Полученные экспериментальные данные о возрастании потоков релятивистских электронов внешнего РПЗ показывают, что даже слабые геомагнитные возмущения, благодаря возникающей волновой активности, в условиях минимума СА могут оказать весьма существенное влияние на радиационную обстановку в околоземном космическом пространстве.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ 07-02-92004-ННС_а.

Северо-южная асимметрия пятнообразования на Солнце, диаграммы бабочек и минимум Маундера

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

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

В рамках подхода к реконструкции солнечной активности в прошлом, развиваемого в Пулкове, рассмотрен ряд вопросов нашего понимания ее временной эволюции. Показано, что сейчас мы можем уже реконструировать не только общий уровень солнечной активности на длительных временах, но и детали ее развертывания: преобладание пятен в той или иной полусфере, дрейф и характер зоны пятнообразования, особенности пространственного распределения активности во время необычных эпох, таких, как минимум Маундера.

**Долгопериодические колебания
магнитного поля солнечных пятен:
наземные и внеатмосферные наблюдения**

Наговицын Ю.А., Наговицына Е.Ю.

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

Приводятся наблюдательные свидетельства реального существования квазипериодических колебаний магнитного поля солнечных пятен на временной шкале десятки-сотни минут. Предыдущие выводы наземных наблюдений в белом свете (координаты и площадь пятен), в спектральных оптических измерениях (напряженность пятенного магнитного поля, лучевые скорости), в микроволновом радиодиапазоне (интенсивность и координаты надпятенных радиоисточников), подтверждаются наблюдениями, полученными на КА SOHO (MDI).

Показано, что данное явление представляет собой суперпозицию квазипериодических крутильных, радиальных, широтных, долготных и вертикальных мод и имеет несомненный интерес с точки зрения диагностики подфотосферной структуры пятенного магнитного поля.

**Правило Гневышева-Оля:
возможные обобщения**

Наговицын Ю.А., Наговицына Е.Ю., Макарова В.В.

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

Рассмотрен ряд вопросов, касающихся широко известного правила Гневышева-Оля (ПГО). Обсуждены различные формулировки ПГО, показано, что в паре 11-летних циклов №№ 22-23 не происходит его нарушения в точной формулировке. Найдено, что ПГО выполняется не только для статистических индексов солнечной активности, но и для физических параметров магнитного поля, а именно - пятенного магнитного потока и открытого магнитного потока. Установлено, что гипотеза Усоскина и его коллег о «потере» одного цикла в цюрихской нумерации в конце XVIII в. позволяет рассматривать правило Гневышева-Оля, регламентирующее поведение физических параметров солнечного магнитного поля, универсальным, без исключений по крайней мере в последние 400 лет. Таким образом, мы можем говорить не о правиле, а о законе Гневышева-Оля долговременной динамики магнитного поля Солнца, выполняющемся как при нормальных, так и при экстремальных уровнях солнечной активности типа минимума Маундера.

Восстановление радиоизображений Солнца на ССРТ методом проекций на выпуклые замкнутые множества

Надежкина Н.В., Обухов А.Г.

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

Доклад посвящен реконструкции радиоизображений Солнца на Сибирском солнечном радиотелескопе на основе метода проекций на выпуклые замкнутые множества.

Итерационные методы в последнее время находят все более широкое применение в практике восстановления изображений, так как во многих случаях они допускают простой учет важных для решения задачи восстановления ограничений непосредственно в схеме итерационного процесса. Физический смысл итерационных алгоритмов с ограничениями состоит в том, что на каждом этапе решение задачи восстановления удовлетворяет наложенным ограничениям и на каждом шаге удерживается в рамках этих ограничений. В отличие от линейных алгоритмов восстановления изображений (например, фильтра Винера-Тихонова), предлагаемые итерационные алгоритмы нелинейны. В то же время, эта нелинейность менее выражена, чем, например, нелинейность метода максимальной энтропии. Существование доказательств сходимости и простота реализации этих итерационных методов делает идею применения подобных итерационных методов к восстановлению радиоизображений весьма привлекательной [1].

Главная цель применения операторов проекций на выпуклые замкнутые множества состоит в экстраполяции спектра за пределы пространственной полосы разрешения. Фактически такое продолжение спектра позволяет, не ухудшая разрешения, избавляться от боковых лепестков, образующихся после первого этапа восстановления и вызываемых часто резким обрезанием спектра. Кроме того, появляется возможность коррекции первоначально восстановленного радиоизображения на высоких гармониках, где диаграмма направленности наименее точно известна.

- [1] Юла Д.К. // «Реконструкция изображений» (под ред. Старка Г.: пер. с англ.), Москва, Мир, 1992, с.633.

**Квази-периодические пульсации гамма-излучения
в солнечной вспышке**

Накаряков В.М.¹, Мягкова И.Н.², Фуллон К.¹, Инглис Э.Р.¹

¹*Physics Department, University of Warwick, Coventry CV4 7AL,
United Kingdom, e-mail: V.Nakariakov@warwick.ac.uk*

²*Научно-исследовательский институт ядерной физики МГУ,
Москва, Россия e-mail: irina@srd.sinp.msu.ru*

Анализ наблюдений солнечной вспышки класса X1.7 первого января 2005 года в экспериментах КОРОНАС-Ф/СОНГ и RHESSI (NASA) в рентгеновском и гамма диапазонах, а так же с помощью Нобеямского радиогелиографа (Япония), показал присутствие ярко выраженной квази-периодической компоненты энерговыделения. Квази-периодическая модуляция интенсивности жесткого рентгеновского (25-100 кэВ), гамма (до 750 кэВ) и микроволнового (17 ГГц) излучений наблюдаются на фазе роста вспышки, с характерным периодом около 40 с. В течении вспышки наблюдалось до 6 периодов колебаний. Колебания жесткого рентгеновского, гамма и микроволновых излучений показали их высокую временную корреляцию между собой. Анализ вспышечной области выполненный с высоким пространственным разрешением показал, что вспышечная область была достаточно компактной, источники жесткого рентгеновского и гамма излучений пространственно совпадали и, вероятно, соответствовали основаниям вспышечной петли, наблюдаемой в микроволновом диапазоне. Наиболее вероятной интерпретацией найденных квази-периодических пульсаций является эффект модуляции интенсивности вспышечного энерговыделения внешней магнитоакустической волной, разработанный в работе [1].

[1] Nakariakov V.M. et al. // Astron. Astrophys., 2006, p. 343

**Высокоскоростные потоки солнечного ветра
750 ± 50 км/с в полярной внешней и экстра-короне
($r < 10R_{\odot}$) эпохи минимума**

Никольская К.И.

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

Одновременные прямые измерения скоростей солнечного ветра (СВ) с борта КА Ulysses и дистанционные — методами IPS показали, что в эпохи низкой активности Солнца во всей гелиосфере вне пояса стримеров в пределах гелиоцентрических расстояний $r = 10R_{\odot} \div 4AE$ наблюдается только высокоскоростной ветер со стабильными скоростями 700–800 км/с при отсутствии каких-либо признаков ускорения потоков на $r > 10R_{\odot}$. С целью зондирования высокоскоростных потоков на гелиоцентрических расстояниях $r < 10R_{\odot}$ в течение 1997 г. над северным полюсом Солнца проводились наблюдения резонансного дублета OVI (спектральные линии 1032 и 1037Å) с помощью коронографа-спектрометра на SOHO. Полученные скорости демонстрируют рост с увеличением гелиоцентрических расстояний от ~ 120 на $r \approx 1.7R_{\odot}$ до ~ 700 км/с на $r \approx 5R_{\odot}$, что в рамках однокомпонентной модели рассеивающей среды, ответственной за излучение дублета OVI, т.е. предположения о тождественности СВ и короны, может трактоваться как наблюдательное свидетельство ускорения потоков до скоростей быстрого СВ в пределах внешней короны.

В докладе рассматривается двухкомпонентная модель излучающей дублет среды на $r < 10R_{\odot}$, состоящей из высокоскоростных потоков (1000 – 750 км/с) и «неподвижной» в радиальном направлении корональной плазмы. Наблюдения дают средневзвешенные вдоль луча зрения значения скоростей с весовыми коэффициентами, определяемыми вкладом каждой компоненты среды в свечение линий. На основании не связанных между собой наблюдательных данных $N_p^{cor}(r)$, $N_p^{SW}(r)$, $V_{SW}(r)$ и $V_{cor}(r) = 0$ решалась прямая задача – были рассчитаны ожидаемые скорости потоков во внешней короне V° . Хорошее согласие рассчитанных скоростей с полученными из наблюдений V^{obs} , не только ставит под сомнение первый вариант интерпретации наблюдений, но также является весомым аргументом в пользу гипотезы о присутствии высокоскоростных потоков со скоростями ~ 1000 км/с в основании короны.

Крупномасштабная структура магнитного поля и активные долготы

Обриджко В.Н.

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

Будут рассмотрены следующие вопросы:

1. Общая структура крупномасштабных полей, их связь с локальными полями.
2. Связь с современными механизмами динамо.
3. Циклические вариации крупномасштабного магнитного поля.
4. Меридиональные течения и крупномасштабное магнитное поле.
5. Вращение крупномасштабных полей.
6. Соотношение структура - энергетика.
7. Тонкая структура фоновых магнитных полей.
8. Корона и крупномасштабные поля.
9. Корональные дыры и связанные с ними потоки солнечного ветра.
10. Роль крупномасштабных полей в системе Солнце-Земля
11. “Активные долготы”, их проявление в разных солнечных индексах и зависимость от мощности солнечной активности.

23 солнечный цикл в фоновом магнитном поле Солнца

Обриджко В.Н., Чертопруд В.Е.

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

Полученный на SOHO/MDI ряд солнечных магнитограмм (с шагом $96''$ и разрешением $2''$) содержит уникальную информацию о динамике фонового магнитного поля Солнца в 23 СЦ. Для её анализа реализована следующая схема. Обработана последовательность идущих через сутки $1''$ магнитограмм (lev1.8.2) с мая 1996 г. по март 2009 г. В каждой из них на карте Солнца выделен прямоугольник шириной ~ 0.2 радиуса Солнца, вертикальная ось которого совпадает с солнечным центральным меридианом и охватывает широтный интервал $\pm 80^\circ$. Прямоугольник разбит на 5×53 ячеек (5 по ширине и 53 по высоте) размером 20×18 пикселей. По данным каждой ячейки вычислены моменты распределения магнитного поля B и ряд других параметров.

Обработка проводилась при двух условиях: 1) $|B| < 100$ Гс (значения магнитного поля $|B| \geq 100$ Гс заменялись пропусками), 2) из рассмотрения исключались ячейки с числом данных менее 100. Эти условия отсекают поля солнечных пятен и обеспечивают однородность оценок параметров. Число обработанных ячеек превышает 10^6 . Проведено три последовательных усреднения полученных статистических параметров: 1) скользящее усреднение параметров по трем соседним широтам с использованием всех ячеек, приходящихся на эти широты; 2) месячное усреднение полученных данных; 3) вычисление среднегодовых скользящих значений параметров по среднемесячным оценкам. При обработке учтено, что начиная с 2003 г. в верхней части магнитограммы временами находилось не северное, а южное полушарие Солнца. “Кувыркание” изображения Солнца позволило напрямую оценить изменения уровня шума камеры вдоль столбца камеры и убедиться, что возрастание $\langle B^2 \rangle$ от северного полушария к южному чисто инструментальный эффект.

Получен и проанализирован ход $\langle B \rangle$ и $\langle B^2 \rangle$ в 1997–2008 гг. на различных широтах. Сделан вывод о том, слабое фоновое магнитное поле ($|B| < 100$ Гс), в среднем составляющее 98% от всех измерений, обладает 11-летним циклом и квазидвухлетними колебаниями. Обсуждены их свойства.

Длинные и сверхдлинные солнечные циклы по данным о концентрации ^{10}Be во льду центральной Гренландии

Огурцов М.Г.^{1,2}

¹ *ФТИ им. Иоффе, Санкт-Петербург, e-mail: ivanov@mail.ru*

² *ГАО РАН, С.-Петербург, e-mail: petrov@mail.ru*

Данные по концентрации космогенного изотопа ^{10}Be , ионов Na^+ , Ca^{2+} и скорости аккумуляции льда в центральной Гренландии, полученные коллаборацией GISP2, исследованы на временном интервале, охватывающем около 40 000 последних лет. Совместный анализ указанных гляциохимических палеосерий показал, что в период 12008–24008 лет назад (BP) вариации потока ^{10}Be были в наибольшей степени свободны от влияния климата и изменений геомагнитного дипольного момента. Как следствие, этот промежуток времени наиболее пригоден для изучения периодичностей чисто солнечной природы. Статистический анализ данных по потоку ^{10}Be обнаружил значимые вариации с периодами близкими к 270 лет, 630 лет и 1300 лет на временном интервале 12008–17008 BP. Это подтверждает наличие соответствующих цикличностей в спектре солнечной variability и доказывает реальность их существования

О возможном влиянии гравитационного поля планет солнечной системы на климат Земли

Огурцов М.Г.^{1,2}

¹ФТИ им. Иоффе, Санкт-Петербург, e-mail: ivanov@mail.ru

²ГАО РАН, С.-Петербург, e-mail: petrov@mail.ru

Произведена оценка возможного влияния гравитационного притяжения Венеры (самая близкая к Земле планета) и Юпитера (самая массивная планета) на расстояние между Землёй и Солнцем, и, как следствие на солнечный климат Земли. Показано, что значение связанного с воздействием Юпитера и Венеры радиационного форсинга близко к 0.01 Вт/м². Амплитуда соответствующих кратковременных (399 и 583 дня) изменений глобальной температуры Земли не превышает 0.010 С, а более долговременные циклы, потенциально связанные с изменением положения планет, скорее всего ещё слабее.

Инструментальные данные о пятнах на Солнце в XVII-XVIII веках — точная информация или приблизительные оценки?

Огурцов М.Г.^{1,2}, Наговицын Ю.А.²

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

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

Произведено исследование имеющихся данных о числах солнечных пятен, определённых путём анализа телескопических наблюдений. Показано, что число групп солнечных пятен для XVII-XVIII веков известно в отдельные периоды с точностью до фактора 2, а в периоды низкой активности Солнца — и ещё худшей. Это означает, что указанные данные содержат ограниченные сведения о солнечной активности в XVII-XVIII веках, и для изучения поведения Солнца в эту эпоху необходимо привлекать сторонние источники, в первую очередь, данные палеоастрофизики. Только начиная с середины XIX века, информация, полученная на основании инструментальных наблюдений, становится достаточно точной для надёжных количественных оценок.

**Stable isotope ratios in tree rings give evidence for
a long-term influence of North Atlantic oscillation
on North Finland climate**

Ogurtsov M.G.^{1,2}, Sonninen E.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*

Analysis of records of stable isotope ratios, $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ and $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, in tree ring cellulose from Pine trees in Northern Finland was performed. A significant correlation between stable isotope ratios and North Atlantic Oscillation (NAO) indices was established over a multi-decadal time scale for the time interval 1866-2002 AD. This indicates an appreciable influence of NAO on climate in Northern Finland and shows that this region is promising for further investigations of large-scale changes in atmospheric circulation.

**Особенности излучения активной области NOAA 10105
в диапазоне линии водорода 3.04 см по наблюдениям
на радиотелескопе РАТАН-600**

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

¹*СПбФ САР РАН, Санкт-Петербург, e-mail: peterova@yandex.ru*

²*СПбГУ, Санкт-Петербург, e-mail: top@astro.spbu.ru*

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

Линия атомарного водорода на частоте 9850 МГц (3.04 см), связанная с переходом $2S_{1/2} - 2P_{3/2}$ между уровнями тонкой структуры нейтрального водорода – это практически единственная линия водорода, которую можно надеяться найти в радиоизлучении Солнца и использовать для изучения нейтрального вещества в атмосфере Солнца – с наибольшей вероятностью в переходной области хромосфера-корона. Вопрос о ее существовании остается открытым, поскольку обнаруженные (с 1958 г.) эффекты достаточно слабые – оценка интенсивности линии по наблюдениям В-компоненты (спокойное Солнце) составляет $1,55 \pm 0,02\%$ от уровня континуума[1].

Спектральные особенности характеристик излучения на частотах, близких к частоте линии 3.04 см, были выявлены при исследовании активной

области NOAA 10105 (сентябрь 2002 г.) по наблюдениям на радиотелескопе РАТАН-600. Как правило, характеристики всех компонент микроволнового излучения Солнца монотонно меняются с частотой по всему диапазону. Особенность спектра NOAA 10105 заключалась в нарушении монотонности не скачкообразно, как это можно ожидать для излучения в переходной области, а путем «выпадения» точки на частоте 3.06 см. Представлены результаты анализа наблюдений с использованием различных методов обработки. Наибольший эффект ($\sim 30\%$) наблюдался для флоккулярной детали структуры источника излучения NOAA 10105. Эффект можно считать достоверным, поскольку его удалось выявить на фоне излучения отдельной активной области (поток ~ 10 с.е.п.), а не на фоне всего Солнца (поток ~ 300 с.е.п.), как было показано ранее[1]. На основе полученных результатов сформулированы рекомендации для экспериментальных исследований излучения Солнца в линии $H_{3.04}$ с целью получения сведений о содержании нейтрального вещества в солнечной плазме, необходимых для разработки и уточнения механизмов нагрева солнечной короны с помощью джоулева тепла.

[1] Дравских А.Ф., Дравских З.В. // АЖ, 1988, т.65, №1 с.199.

Механизмы солнечного динамо и диаграммы широтно-временной эволюции магнитной спиральности

Пипин В.В.

*Институт солнечной-земной физики, Иркутск,
e-mail: pip@iszf.irk.ru*

Рассмотрены современные механизмы солнечного динамо. Анализ опирается на осесимметричные модели динамо в сферической оболочке и включает механизмы распределенного по конвективной зоне динамо, динамо адвективного типа (с определяющей ролью меридиональной циркуляции), а также динамо сосредоточенное в слое проникающей конвекции. Для каждого типа динамо построены широтно-временные диаграммы эволюции магнитной спиральности. Анализ различных механизмов и сравнение модельных результатов с наблюдаемыми широтно-временными диаграммами токовой спиральности позволяет сделать вывод об определяющей роли альфа-эффекта для турбулентных механизмов солнечного динамо.

Метод обнаружения токовых слоев в короне перед серией вспышек

Подгорный А.И.¹, Подгорный И.М.²

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

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

Для предсказания вспышки и обнаружения возможного места первичного энерговыделения обычно осуществляется поиск особых линий в потенциальном магнитном поле. Такой подход не учитывает магнитного поля нескольких токовых слоев, появившихся в короне перед серией вспышек, что делает поле отличным от потенциального. Разработан метод прямого поиска токовых слоев в магнитном поле над активной областью в предвспышечной ситуации. Конфигурация магнитного поля в короне над активной областью находится численным МГД моделированием с начальными и граничными условиями, полученными из магнитных карт активной области перед вспышкой. Плоскость токового слоя должна быть перпендикулярна плоскости, которая содержит точку максимума плотности тока и располагается перпендикулярно магнитной силовой линии, проходящей через эту точку. Силовые линии в этой плоскости представляют типичную плоскую магнитную конфигурацию токового слоя. Разработан метод визуализации конфигурации магнитного поля в произвольной плоскости с одновременным вычислением положения максимума плотности тока в трехмерном пространстве. Программа позволяет быстро находить положение токового слоя для предсказания вспышек. Разработанная программа использована для анализа активной области АО 0365. Продемонстрирована возможность программного обнаружения нескольких токовых слоев перед серией вспышек и анализа магнитных полей каждого из слоев, вызывающего элементарную вспышку. Проведенные исследования независимым образом установили, что причиной вспышек является образование в короне токовых слоев. Показано, что на положение особых линий существенное влияние оказывает распределение поля на фотосфере вблизи активной области, где величина поля в несколько раз меньше, чем в активной области, однако занимаемая полем площадь, значительно превышает площадь активной области.

**Физика солнечной вспышки —
наблюдательные факты и модели**

Подгорный И.М.¹, Подгорный А.И.²

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

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

Комплексное исследование потоков электронов рентгеновского излучений на аппаратах RHESSI, Stereo A, Stereo B, GOES, а также регистрация релятивистских протонов и радиоизлучения III-го типа однозначно указывают на одновременное действие во вспышке нескольких механизмов ускорения частиц. Расположение аппаратов позволяет экранировать мощный поток излучения из подножий магнитной арки и регистрировать рентгеновские кванты, генерируемые в плазме низкой плотности в короне Солнца. В зависимости от положения аппарата относительно вспышки, можно наблюдать спектры жесткого рентгеновского излучения типичные, как для тонкой, так и для толстой мишеней. Обсуждаются механизмы ускорения частиц, ответственные за различные виды излучений в рамках электродинамической модели, основанной на накоплении энергии в магнитном поле токовых слоев над активной областью. Электроны ускоряются в продольных токах, замыкающихся как поперечной проводимостью в хромосфере, так и токами смещения в альфвеновской волне в короне. Генерация продольных токов обоих типов происходит в токовом слое за счет электрического поля Холла. Альтернативный механизм образования токового слоя основан на вытягивании линий арочного магнитного поля за счет выброса магнитного жгута. Однако наблюдаемая динамика полей в активной области в предвспышечном состоянии не обнаруживает появления жгута под магнитной аркой, а опубликованные данные численного моделирования этого явления проводятся при искусственном задании начальных условий. Трехмерное МГД моделирование для реального поведения активной области, показало генерацию токовых слоев за счет накопления энергии возмущений в окрестности особой линии. Наблюдения выброса не позволяют окончательно ответить о месте и механизме ускорения коронального выброса, однако отдельные данные указывают на его эжекцию из токового слоя в короне.

Минимум цикла как предвестник будущей солнечной активности

Понявин Д.И., Сильнов С.В.

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

23-й солнечный цикл солнечной активности отличается затянувшейся фазой спада и глубоким минимумом. Нами рассмотрены другие минимумы с целью анализа повторяемости таких событий в прошлом. По аналогии с работой [1] обнаруживается вековая эволюция (цикл Гляйсберга) в последовательности экстремальных состояний солнечной активности. Анализируется когерентность и фазовые соотношения между вариациями последовательности минимумов и максимумов, между длиной и амплитудой циклов [2]. Показано, что глубина минимума активности коррелирует с последующим 11-летним циклом активности. На основании этих данных, а также анализа поведения геомагнитной активности на спаде цикла до наступления реального минимума (по схеме Оля) прогнозируется, в отличие например от [3], очень низкая активность наступающего 24-го солнечного цикла.

- [1] Garcia A., Mouradian Z. The Gleissberg cycle of minima // Solar Phys., 1998, v.180, p.495–498.
- [2] Solanki S.K., Krivova N.K., Schüssler M., Fligge M. Search for a relationship between solar cycle amplitude and length // Astron. Astrophys., 2002, v.396, p.1029–1035.
- [3] Hathaway D., Wilson R.M. Geomagnetic activity indicates large amplitude for sunspot cycle 24 // Geophys. Res. Lett., 2006, v.33, L18101, doi:10.1029/2006GL027053

Моделирование 11-летнего цикла солнечной активности в свете механизма динамо

Попова Е.П.¹, Артюшкова М.Е.²

¹ МГУ, Москва, e-mail: popovaelp@mail.ru

² ИЗМИРАН, Москва, e-mail: wot906@yandex.ru

Считается, что подход к исследованию пятнообразовательной деятельности Солнца основан на распространенной концепции механизма динамо.

При этом солнечный 11-летний цикл связан с распространением волны тороидального магнитного поля от полюсов к экватору. Простейшая модель, описывающая такой процесс была предложена Паркером в 1955 году, но предсказанная ею длительность цикла составляет 2-3 года, что на порядок меньше наблюдаемой. Учет движения вещества, где происходит распространение динамо-волны, показал, что в случае однослойной среды существует интервал значений меридиональной циркуляции, в котором происходит удлинение цикла до наблюдаемой величины [1], [2]. Рассмотрение однослойной среды описывает односторонний поток вещества и не позволяет описать его возвращение. Для решения такой трудности в данной работе рассматривается двухслойная среда, в которой слои имеют противоположно направленное движение вещества и разные коэффициенты диффузии. В работе обсуждаются особенности двухслойной модели как с наличием, так и с отсутствием меридиональной циркуляции.

- [1] Попова Е. П., Решетняк М. Ю., Соколов Д. Д. // *Астрономический журнал*, 2008, №1, стр.183-190.
- [2] Popova H., Sokoloff D. // *Astron.Nachr.*, 2008, v.7, p.766-768.

Корональные джеты, их свойства и SEP-события

Порфирьева Г.А., Делоне А.Б.

*Государственный Астрономический институт им.
П.К. Штернберга, Москва, e-mail: galina-porfirjeva@yandex.ru*

Анализируются результаты наблюдений джетов на Солнце и связанных с ними событий. Используются данные, полученные на *Hinode*, *ACE*, *ULEIS*, *SOHO*, *TRACE*, *RHESSI*, *STEREO* и *Yohkoh*. Джеты представляют собой коллимированные выбросы плазмы с ограниченной пространственной протяженностью ($1^\circ-5^\circ$, $2-4R_\odot$) и меньшими, по сравнению с корональными выбросами вещества, массой и энергией. Они наблюдаются как в белом свете, так и в широком диапазоне длин волн и могут возникать повсюду.

На основе наблюдений в далеком УФ и рентгене, получаемых с борта *Hinode* с высоким пространственным и временным разрешением одновременно со сведениями о магнитном поле, исследуется тонкая структура джетов и динамика процессов, связанных с возникновением джетов. Обнаружена корреляция скачкообразных изменений магнитного потока в области зарождения джета с изменениями эмиссии джета в рентгене и

УФ-области спектра. Уширение спектральных линий указывает на взрывную природу процессов. Многочисленные яркие рентгеновские точки в полярных корональных дырах *СН* имеют петлеобразную форму и систематически являются источниками возникновения джетов. Джеты вносят определенный вклад в солнечный ветер.

Джеты могут быть источниками солнечных энергичных частиц (SEP). В SEP-событиях содержание ${}^3\text{He}$ увеличивается на порядки ($5 \times 10^{-2} \leq {}^3\text{He}/{}^4\text{He} \leq 3 \times 10^1$), отношение содержания $\text{Fe}/\text{O} \sim 2,7$. Источником таких событий обычно являются небольшие вспыхивающие активные области вблизи *СН*, содержащей магнитные силовые линии, направленные к Земле.

Обсуждаются модели, объясняющие выбросы рекуррентных и одиночных джетов в межпланетное пространство. Используются публикации в научных журналах и данные из Интернета.

Наблюдения длинноволновых радиовсплесков от солнечных вспышек с гамма-всплесками

Прокудина В.С., Курильчик В.Н.

ГАИШ, МГУ

Во время мощных солнечных вспышек с большим энерговыделением в различных энергетических диапазонах на ИСЗ ИНТЕРБОЛ-1 были зарегистрированы всплески радиоизлучения в диапазоне частот 1500-100 кГц. Всплески наблюдались от западных событий и отличались большой амплитудой и быстрым дрейфом по частоте, типичным для всплесков III типа. Начало их генерации соответствовало взрывной фазе вспышки, если судить по временному профилю всплеска и его сравнению с максимумом гамма-всплеска.

Отличия структуры корональных дыр в минимумах двух последних циклов солнечной активности

Просовецкий Д.В., Просовецкая Н.А.

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

Многими исследователями замечена аномальность закончившегося минимума солнечной активности. Отмечают задержку начала нового цикла, длительное отсутствие активных областей с их магнитной структурой и всплывающей активностью. Однако не полностью изучены характеристики объектов, связанных с крупномасштабным магнитным полем, их отличия в двух последних циклах. Такими объектами могут служить корональные дыры с их открытым крупномасштабным магнитным полем. В настоящей работе мы исследовали структуру ультрафиолетового излучения, магнитного поля и микроволнового излучения корональных дыр в двух последних минимумах солнечных активности. Прежде всего мы изучили структуру корональных дыр в ультрафиолетовом излучении $\lambda 195\text{\AA}$ и нашли, что многие корональные дыры в последнем минимуме в отличие от дыр, наблюдавшихся в прошлом минимуме, имеют крупномасштабные горячие излучающие области внутри их структуры. Особенностью магнитной структуры таких дыр явилось наличие крупномасштабного замкнутого магнитного потока внутри обычного для дыр открытого. Замкнутые структуры магнитного поля наблюдаются во многих корональных дырах, однако, как правило, они мелкомасштабные и проявляются, например, в виде корональных ярких точек. Одновременно мы отметили ослабление пропорциональной зависимости между яркостными температурами на длинах волн 1.76 и 5.2 см по сравнению с корональными дырами предыдущего минимума, что может служить индикатором слабого волнового потока от фотосферы, ответственного за перенос энергии в корону [1]. Наличие крупномасштабного замкнутого магнитного поля внутри корональных дыр отражает изменение в двух последних циклах масштаба и конфигурации всплывающего магнитного потока и, возможно, структуры и величины волнового и теплового потока из подфотосферных слоев [2].

- [1] Maksimov V.P., Prosovetsky D.V., Grechnev V.V., Krissinel B.B., Shibasaki K.// PASJ, 2006, v.58, No.1, pp. 1-10.
- [2] Greenkorn, R.A.// Solar Phys., 2009, V. 255, Issue 2, pp.301-323.

Моделирование динамики гиротронного излучения в пещерных петлях

Пятаков Н.П., Горбиков С.П., Мельников В.Ф.

*ФГНУ НИРФИ, ННГУ им. Н.И. Лобачевского, Н.Новгород,
e-mail: nikpyat@mail.ru*

В работе проведено моделирование пространственной динамики гиротронного излучения в пещерной петле. Распределение нетепловых электронов генерирующих данное гиротронное излучение получено на основе численного решения нестационарного кинетического уравнения в форме Фоккера-Планка согласно [1]. Вычислена пространственная динамика распределений интенсивности, степени поляризации и спектрального индекса гиротронного излучения согласно [2].

Проведено сравнение характеристик гиротронного излучения для распределений электронов, получающихся при следующих видах инжекции: изотропная инжекция в центре петли или в одном из оснований; анизотропная инжекция вдоль или поперёк магнитного поля, происходящая в центре петли. Для петли, находящейся в плоскости перпендикулярной лучу зрения, показано, что распределение степени поляризации вдоль петли сильно зависит от места инжекции электронов. В частности, при инжекции вблизи основания петли излучение из оптически тонкого источника вблизи вершины оказывается поляризованным в обыкновенной моде, тогда как в основаниях — в необыкновенной моде. При изотропной инжекции в вершине петли источники в вершине и основаниях поляризованы в необыкновенной моде. Получена также зависимость от места инжекции электронов и для спектрального индекса излучения. Такого типа особенности могут быть использованы при диагностике положения места ускорения во вращательных петлях по наблюдениям с высоким пространственным и спектральным разрешением.

[1] Hamilton R., Lu E.T., Petrosian V. //Astrophys.J., 1990, v.354, p.726.

[2] Fleishman G.D., Melnikov V.F. // Astrophys.J., 2003, v.587, p.823.

**Прогнозирование солнечной активности посредством
исследования ряда чисел Вольфа месячного
разрешения, используя нелинейный регрессионный
частотно-временной анализ**

Пятигорский А.Г., Пятигорский Г.А.

*ФТИ РАН им. А.Ф.Иоффе, Санкт-Петербург, e-mail: alxp@bk.ru,
pga.crlab@mail.ioffe.ru*

Данная работа является продолжением и развитием ранее выполненных работ, доложенных на конференциях в ГАО в 1997, 1999, 2003 и 2008 годах и опубликованных в трудах конференций.

В работе исходный временной ряд чисел Вольфа месячного разрешения за 1749-2008 годы сопоставляется с суммой волновых пакетов посредством нелинейного регрессионного частотно-временного анализа при использовании нескольких независимых моделей пакетов, после чего на основании полученных параметров проводится прогноз.

Варианты моделей:

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 огибающей волнового пакета, параметры полуширины и асимметрии огибающей, а также амплитуда и фаза несущей частоты. При этом формой огибающей волновых пакетов является скошенная гауссиана. Волновые пакеты этой модели имеют бесконечную протяжённость.

3. Усложнённый вариант асимметричной модели, использующий дополнительные параметры для описания тренда и изменения частоты несущей.

Приводятся результаты получаемых прогнозов солнечной активности и проводится их сравнение.

**Нелинейные динамические модели ЭКГ в задаче
изучения воздействия космофизических факторов
на сердце человека**

Рагульская М.В.¹, Пипин В.В.², Обридко В.Н.³

¹ ИЗМИРАН, Троицк, e-mail: ramary2000@yahoo.com

² ИСЗФ, Иркутск, e-mail: pip@iszf.irk.ru

³ ИЗМИРАН, Троицк, e-mail: obridko@mail.ru

Предложена обобщенная модель адаптационной динамики амплитуды сигнала сердца, отражающей физическую суть происходящих явлений, с 2 управляющими параметрами: мощность генерации и мощность противодействия генерации путем диффузионного рассеяния. Такая конструкция динамической системы позволила описать в качестве аналитических решений такую совокупность нелинейных свойств сердечной деятельности, как:

- существование нижнего и верхнего параметрического порога генерации колебаний;
- существование нескольких устойчивых режимов генерации, фазовые портреты которых совпадают с наблюдаемыми в эксперименте;
- существование под воздействием внешней силы разных режимов функционирования, от периодических и квазипериодических установившихся состояний до хаоса фибрилляций, путем внутренней перестройки управляющих параметров.

Показано, что:

- более эффективна периодическая внешняя силы с длиннопериодными относительно смены фазы кардиосигнала колебаниями;
- параметрический шум является внутренним стабилизатором системы;
- устойчивость основных колебаний сохраняется, даже если амплитуда шума сопоставима с амплитудой генерации сигнала
- физическая нагрузка является фактором, повышающим внутреннюю зашумленность системы и приводящим к изменению внутренних управляющих параметров;
- магнитная буря может рассматриваться, как внешняя воздействующая сила, вызывающая эффекты подстройки частоты и модуляции амплитуды.

Авторы благодарят за поддержку грант РФФИ 09-02-90471-Укр_ф_а.

**Различия в физической природе откликов системы
атмосфера-океан на воздействие вариаций солнечной
активности различного временного масштаба**

Распопов О.М.¹, Дергачев В.А.²

¹*Санкт-Петербургский филиал Учреждения Российской Академии
Наук Института земного магнетизма, ионосферы и
распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова*

²*Учреждение Российской Академии наук Физико-технический
институт им. А.Ф. Иоффе*

Анализ воздействия вариаций солнечной активности на процессы в нижней атмосфере базируется либо на рассмотрении атмосферных эффектов кратковременной солнечной активности (часы или дни), либо на рассмотрении эффектов долговременной солнечной цикличности (десятки и сотни лет). При обобщении полученных результатов зачастую не принимается во внимание различия в развитии физических процессов в атмосфере при воздействии вариаций солнечной активности (СА) различной длительности. В случае долговременных вариаций СА существенную роль начинает играть атмосферная циркуляция, приводящая к региональному отклику атмосферных параметров на глобальное солнечное воздействие. Кроме того, в случае декадных вариаций (11- и 22-летние солнечные циклы) солнечный сигнал может взаимодействовать с собственными шумами в системе атмосфера-океан в том же диапазоне частот. Экспериментальные данные свидетельствуют, что такое взаимодействие может усиливать солнечный сигнал в 2-3 раза..

**Пространственная динамика
оснований вспышечной петли**

Резникова В.Э.¹, Мельников В.Ф.^{1,2}, Ji H.³

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

²*ГАО РАН, Санкт-Петербург*

³*Purple Mountain Observatory, Nanjing, China*

Пространственное перемещение оснований магнитной петли в ходе вспышки несет важную информацию о механизме возникновения и сценарии развития вспышки. Для разных сценариев может реализоваться различный характер перемещений. Поэтому исследование пространственной динамики петель важно для выбора между альтернативными моделями

вспышек. Согласно стандартной «CSHKP» модели пересоединения, два основания одной петли, соединяющие области противоположной полярности магнитного поля, должны удаляться друг от друга в ходе вспышки. Однако, статистические исследования, проведенные по наблюдениям в жестком рентгене [1, 2], а также исследования в линии $H\alpha$ и EUV (напр., [3]) показали, что расстояние между основаниями может как увеличиваться, так и уменьшаться или оставаться неизменным.

В микроволновом диапазоне этот феномен мало исследован, поскольку источники в двух основаниях редко наблюдаются в течение всего всплеска. В данной работе впервые по наблюдениям на радиогелиографе Нобеляма исследовано смещение оснований петли в ходе вспышки. В результате уверенно обнаружено, что расстояние между центрами яркости радиоисточников в основаниях на частоте 34 ГГц уменьшилось на $7''$ в течение фазы роста. Широкий угол имел более сложную эволюцию. Наложение траекторий центров источников на MDI-магнитограмму показало, что он уменьшался на ранней стадии фазы роста, затем рос, оставался неизменным и снова уменьшался. Эти эффекты обсуждаются на основе представлений о релаксации непотенциального магнитного поля.

- [1] Sakao T., Kosugi T., Masuda S. // in Five Years of Yohkoh and Beyond, ed. T. Watanabe, T. Kosugi, A. C. Sterling (Dordrecht: Kluwer), 1998, p.273.
- [2] Bogachev S. A., Somov B. V., Kosugi T., Sakao T. // Astrophys.J., 2005, v.630, p.561.
- [3] Ji H., Wang H., Liu C., Dennis B. R. // Astrophys.J., 2008, v.680, p.734.

Генерация в конвективной зоне Солнца двух ~11-летних циклов, обусловленных разными механизмами их образования

Ривин Ю.Р.

Мюнхен, e-mail: ju_rivin@web.de

В работах [1, 2] высказано предположение о существовании в конвективной зоне Солнца двух особых областей активности в конвективной зоне. В [3, 4] им дано более точное название - области детектирования магнитного цикла в конвективной зоне.

Одна из них находится на глубинах равно/меньше $0,2R_{\odot}$. В ней образуются ~22-летний цикл общего магнитного поля (B) и, как результат

его детектирования, значительное большинство потоков, которые создают пятна на поверхности фотосферы. Количество этих пятен меняется год от года в ~ 11 -летнем цикле.

Вторую область пока трудно выделить в наблюдениях пятен и в B , но она присутствует в данных по $|B|$. Анализы $|B|$ показали, что эта область расположена вблизи основания конвективной зоны, возможно, в районе тахоклина ($\sim 0,7R_{\odot}$). Основные свойства магнитных полей этой области приведены в [1, 2, 3, 4]. Одно из них — магнитный цикл верхней области модулирует мощность процессов в нижней. Но при проникновении внутрь области этот цикл детектируется. При этом им приобретаются новые свойства, связанные с особенностями детектора. Например, амплитуда его второй гармоники несколько больше, чем ~ 11 -летнего цикла B . Эта вторая гармоника магнитного цикла модулирует амплитуду существующей в нижней области ~ 27 -дневной вариации (и её двух гармоник), играет важную роль в солнечно-земной физике.

Существование двух ~ 11 -летних циклов солнечной активности с несколько различающимися свойствами, подтверждается также данными по геомагнитной активности (вспышечные и рекуррентные возмущения), по межпланетному магнитному полю и его модулю, по космическим лучам (солнечные и галактические циклы), по циклу потока солнечных нейтрино и другим данным.

- [1] Rivin Yu.R. // “International Heliophysical Year: New insights into solar – terrestrial Physics (IH2007- NISTP) November 5-11.2007. Zvenigorod”. Abstracts. IZMIRAN. Troitsk. Moskow region. Russia. 2007. P.104.
- [2] Ривин Ю.Р. // Сб. Солнечная и солнечно земная физика 2008. Всероссийская ежегодная конференция по физике Солнца 7-12 июля 2008 года). Тезисы докладов. ГАО РАН. Санкт-Петербург. 2008. С.106.
- [3] Ривин Ю.Р. // Сб. Солнечная и солнечно земная физика 2008. Труды Всероссийской ежегодной конференции по физике Солнца 7-12 июля 2008 года). ГАО РАН. Санкт-Петербург. 2008. С.337.
- [4] Ривин Ю.Р. // Солнечно – земная физика. Выпуск 14. 2009. Иркутск (в печати).

Основные этапы формирования магнитного цикла в конвективной зоне Солнца

Ривин Ю.Р.

Мюнхен, e-mail: ju_rivin@web.de

Создание магнитного цикла общего магнитного поля Солнца (B) каждой из полярностей (северной или южной) происходит на глубинах равно/меньше $\leq 0,2R_{\odot}$ в верхней области его детектирования.

Согласно диаграммам широта – время, усреднённым по 40 кэррингтоновским оборотам [1], цикл начинается с появления в экваториальной области меридиональной (θ) и радиальной (r) компонент B новой полярности и постепенного ($\sim 4-5$ лет) его нарастания. В широтной компоненте (ϕ) магнитное поле всплывающего потока отсутствует.

Такая ситуация может быть интерпретирована как всплытие экваториального магнитного диполя, которое продолжается от эпохи минимума ~ 11 летнего цикла чисел Вольфа (R_z) до эпохи его максимума. Причем вертикальной оси всплытия диполя соответствует $B(\theta)$, а горизонтальной — $B(r)$. Выше поверхности фотосферы магнитное поле имеет вид плоского диполя, всплывающего в узкой полосе широт вблизи экватора.

После окончания всплытия в течение $\sim 6-7$ лет (ветвь спада цикла R_z) происходит отсечка части B и меридиональный дрейф этой части от экватора к полярным регионам. Оставшаяся часть B до полного её исчезновения продолжает создавать пятна на поверхности фотосферы. Дрейфующая часть B , достигнув полярных регионов, заполняет их и сохраняется там ~ 11 лет. Затем, спустя ~ 22 года после своего появления на экваторе, поле этой полярности практически мгновенно сбрасывается из полярных регионов на экватор и начинает новый круговорот.

Если на первом этапе B создаётся всплывающим экваториальным магнитным диполем, то после остановки всплытия и отсечки части B поле этого диполя затухает, но растёт поле осевого диполя [2].

- [1] Ivanov E.V., Obridko V.N. // Solar Physics. 2002. Vol. 206. P.1.
- [2] Ривин Ю.Р. // Сб. Солнечная и солнечно-земная физика – 2008. (Труды Всероссийской конференции по физике Солнца. Пулков. ГАО РАН. 2008). Санкт-Петербург. 2008. С.337.

**О высоте источника циклотронного излучения над
пятном по наблюдениям
солнечного затмения 1984 г. на Кубе**

Родригес Р.¹, Сьерра П.¹, Петерова Н.Г.², Борисевич Т.П.³

¹*Instituto de Geofísica y Astronomía, Habana, Cuba*

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

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

Изучение источников циклотронного излучения над пятнами направлено на исследование физических параметров корональной плазмы (Те и Не), находящейся в сильном магнитном поле. При достаточно точном указании положения области генерации излучения циклотронных деталей корональной структуры активной области значимость этих исследований повышается. Преимущество затменного радиоастрономического метода при измерении высоты источников излучения заключается в высокой точности координатных измерений. Благодаря этому, результаты сопоставления координат деталей источника радиоизлучения и структурных особенностей ARs на уровне фотосферы считаются наиболее достоверными.

По результатам наблюдения солнечного затмения (30.V.1984 г., Куба, Гаванская радиоастрономическая станция, волны: 2.0, 3.2 и 4.5 см) было получено одно из лучших (по соотношению сигнал/шум) изображение источника излучения на волне 4.5 см (V) над самым крупным пятном наблюдаемого комплекса активности, оптимальное разрешение составило $\sim 10''$. Анализ данных позволил сделать следующие выводы: (1) размеры области излучения составляли $13 \times 20''$ при размерах тени пятна на уровне фотосферы $\sim 20''$; (2) центр тяжести излучения источника был смещен на $4.5''$ к ES по отношению к центру тени пятна. Это смещение можно интерпретировать как эффект высоты и оценить ее значение — ~ 5 тыс. км над уровнем фотосферы. Полученное значение согласуется с модельной оценкой высоты источника циклотронного излучения над пятном, величина максимальной напряженности магнитного поля которого на уровне фотосферы составляла 2600 Гс (данные КрАО). Таким образом, затменные наблюдения в очередной раз свидетельствуют о том, что источники циклотронного излучения расположены над солнечными пятнами достаточно низко — на высоте несколько тыс. км. Показана правомерность использования модельных оценок в тех случаях, когда прямые измерения высоты не обладают достаточной точностью.

Наблюдаемая последовательность 22-летних циклов пятнообразования на Солнце

Рощина Е.М., Сарычев А.П.

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

Соседние 11-летние циклы пятнообразования на Солнце, были объединены в пары по принципу «чётный плюс нечётный». Рассмотрены временные характеристики получившейся последовательности 22-летних магнитных циклов пятнообразования. Временной интервал между чётными цюрихскими циклами оценивался по разности Δ эпох медианы этих циклов. Для вычислений использовались среднемесячные значения относительного числа пятен. Для циклов 8–22 найдено, что интервал между началом физических 22-летних циклов составляет либо 20.9 ± 0.4 лет, либо 23.3 ± 0.4 года. При этом меньшие интервалы наблюдаются в фазе роста и в максимуме векового цикла солнечной активности, а большие — в фазе спада. Таким образом, периодичность следования магнитных циклов друг за другом определяется знаком производной кривой активности. Этот эффект соответствует подходу Ю.А. Наговицына к долгосрочному прогнозированию солнечной активности, основанному на анализе двух групп 22-летних циклов. Заметим, что для пар соседних циклов «нечётный плюс чётный» двухмодовый характер распределения межцикловых интервалов и их зависимость от знака вековых изменений выражены гораздо менее отчётливо.

Магнитное пересоединение в солнечном ветре

Семенов В.С., Сасунов Ю.Л.

Санкт-Петербургский университет

Вспышечный выброс или выброс корональной массы представляют собой своеобразные магнитосферы, которые обтекаются солнечным ветром в системе отсчета выброса. Поскольку для земной магнитосферы пересоединение является основным механизмом взаимодействия, то неудивительно, что события магнитного пересоединения обнаружены также и в солнечном ветре. Удивительно, что они иногда имеют огромный масштаб с длиной линии пересоединения в 300 земных радиусов, они регистрируются сразу на нескольких космических аппаратах. Такие случаи пересоединения подробно рассмотрены, обсуждаются общие черты и различия процесса в солнечном ветре и в хвосте магнитосферы.

**Применение логарифмически-параболической модели
для получения параметров ускоренных частиц
по наблюдениям солнечных вспышек
в рентгеновском диапазоне**

Сизых Т.С.^{1,2}, Кашапова Л.К.¹

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

²*Иркутский государственный университет, физический
факультет, Иркутск, e-mail: beautiful_ts@mail.ru*

Одними из важных характеристик процессов, происходящих во время солнечных вспышек, являются параметры потока ускоренных частиц. Существует два способа для количественной оценки этих параметров – спектры микроволнового излучения и рентгеновские спектры для энергий выше 20–30 кэВ (нетепловая рентгеновская компонента). Наблюдаемая связь между спектральными характеристиками, полученными по данным рентгеновского и микроволнового диапазонов, подробно обсуждается в [1]. В последнее время, для аппроксимации нетепловой части рентгеновского спектра часто используется двойной степенной закон (broken-power-law). Однако у этой модели имеется ряд недостатков, который может приводить к проблемам при определении и интерпретации параметров ускоренных электронов. В [2] было предложено использовать для аппроксимации спектра и вычисления параметров ускоренных частиц вместо двойного степенного закона логарифмически-параболическую модель. Она представляет собой простую степенную зависимость, дополненную параметром, описывающим искривление спектра. В данной работе мы воспроизвели методику, предложенную в [2], и использовали ее при сравнении спектральных параметров полученных по наблюдениям в рентгеновском и микроволновом диапазоне нескольких вспышек. Полученные результаты обсуждаются.

[1] Silva A.V.R., Wang H., Gary D.E. // Astrophysical J., 2000, v.545, p. 1116

[2] Grigis P.C., Benz A.O. // The Astrophysical Journal, 2008, v.683, p. 1180

**Об усилении долгопериодных пульсаций Н-компоненты
магнитного поля Земли
перед мощными солнечными вспышками**

Смирнова А.С., Снегирев С.Д., Шейнер О.А.

*Федеральное государственное научное учреждение
«Научно-исследовательский радиофизический институт» (ФГНУ
НИРФИ), Нижний Новгород*

В работе обсуждаются возможные причины, вызывающие усиление периодических пульсаций горизонтальной компоненты магнитного поля Земли перед мощными протонными вспышками на Солнце. Для исследования используются данные 17 станций, расположенных в интервале 234 градуса по долготе и 39 градусов по широте, а также данные о рентгеновском излучении со спутника GOES. Накануне крупной протонной вспышки 23 марта 1991 г. при помощи методов вейвлет-анализа и Фурье анализа на всех протестированных станциях обнаружен рост пульсаций Н-компоненты магнитного поля Земли. За 2-3 дня до солнечной вспышки амплитуда колебаний с периодами 30-60 минут возрастает в 10 раз для среднеширотных станций и в 6 раз для авроральных станций по сравнению со спокойными периодами. Можно предположить, что причиной усиления таких пульсаций-предвестников является связь между колебательными процессами в солнечной атмосфере накануне вспышечных событий и в атмосфере Земли. Предвспышечные колебания физических параметров солнечной атмосферы модулируют колебания сходных периодов во всех диапазонах электромагнитных волн. Пульсации рентгеновского и ультрафиолетового излучения в свою очередь посредством резонансного эффекта приводят к усилению колебаний ионосферных токов и геомагнитного поля. Для подтверждения данной гипотезы было проведено исследование корреляции спектральной плотности рентгеновского излучения и горизонтальной компоненты магнитного поля. Для среднеширотных станций коэффициент корреляции достигает 93%. Обсуждаются широтные и меридиональные особенности поведения спектральных компонент. Практическая ценность работы заключается в возможности использования ее результатов для развития методик краткосрочного прогнозирования и диагностики геоэффективных солнечных явлений.

Symmetry properties of solar and stellar magnetic fields

Sokoloff D.¹, Moss D.², Saar S.³

¹*Department of Physics, Moscow State University, Moscow, 119992, Russia, e-mail: sokoloff@dds.srcc.msu.su*

²*School of Mathematics, University of Manchester, Manchester M13 9PL, UK, e-mail: moss@ma.man.ac.uk*

³*Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, Cambridge, MA, USA, e-mail: saar@cfa.harvard.edu*

We summarize evidence that neither dynamo theory nor the observational data give strong support to the idea that stellar magnetic fields must have dipolar rather than quadrupolar symmetry with respect to the stellar equator. We demonstrate that even the most basic model for magnetic solar and stellar activity, i.e. the Parker migratory dynamo, provides many possibilities for the excitation of large-scale stellar magnetic fields of non-dipolar symmetry. We demonstrate the spontaneous transition of the dynamo-excited magnetic field from one symmetry type to another. We explore observational tests to distinguish between the two types of magnetic field symmetry, and thus detect the presence of quadrupolar magnetic symmetry in stars. Complete absence of quadrupolar symmetry would present a distinct challenge for contemporary solar and stellar dynamo theory. We revisit some observations which, depending on further clarification, may already be revealing some properties of the quadrupolar component of the magnetic fields generated by solar and stellar dynamos.

Новые магнитостатические модели солнечных протуберанцев

Соловьёв А.А.

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория

Изложен новый подход к решению магнитогидростатической задачи и получены новые нелинейные решения, которые описывают плотные ($n \approx (1 \div 5) \times 10^{11} \text{ см}^{-3}$) и холодные ($T \approx (6 \div 7) \times 10^3 \text{ K}$) волокна, расположенные в плоской стратифицированной атмосфере горячей солнечной короны, свободной от магнитного поля. Волокна горизонтально вытянуты вдоль оси y . Система обладает трансляционной симметрией: $\partial/\partial y = 0$. Магнитное поле волокна имеет жгутовую винтовую структуру, и его напряженность быстро убывает с расстоянием от оси. Представлены модели

протуберанцев как с «нормальной», так и с «инверсной» полярностью поперечного магнитного поля. Для равновесия протуберанца внешнего магнитного поля не требуется. Полный электрический ток вдоль оси волокна равен нулю в соответствии с законом Ампера.

Амбиполярная диффузия и магнитное пересоединение

Степанов А.В.¹, Цап Ю.Т.^{1,2}

¹Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория,
С.-Петербург, e-mail: stepanov@gao.spb.ru

²НИИ «Крымская астрофизическая обсерватория», п. Научный,
e-mail: yur@crao.crimea.ua

Диссипация и диффузия магнитного поля в частично ионизованной плазме играет важную роль при конденсации межзвездных облаков [1] и вспышечном энерговыделении на Солнце. [2].

Для решения проблемы фрагментации сжимающегося из-за гравитации межзвездного облака Местел и Спитцер [1] предположили, что магнитное поле может "выноситься" из слабо ионизованной конденсации под действием сил магнитного натяжения. Поскольку движение заряженных частиц разных знаков вместе с "вмороженными" в них магнитными силовыми линиями происходит сквозь "нейтральный газ" с постоянной скоростью, то данное явление получило название амбиполярной диффузии. Считается, что поток магнитного поля сохраняется, и амбиполярная диффузия не может приводить к аннигиляции магнитных полей.

В представленной работе на основе трехжидкостного приближения рассматривается влияние нейтральной компоненты на диссипацию магнитного поля в токовых слоях. Показано, что в случае амбиполярной диффузии магнитный поток не сохраняется. Это объясняется джоулевой диссипацией, вызванной столкновениями ионов с нейтральными атомами. В рамках модели Паркера проводится детальный анализ особенностей пересоединения магнитных силовых линий в частично ионизованной плазме. Особое внимание уделяется структуре области диффузии, а также тепловому балансу токового слоя. Установлено, что в верхней атмосфере Солнца толщина токового слоя может достигать сотни километров. Обсуждаются практические приложения полученных результатов.

- [1] Mestel L., Spitzer L.Jr. // MNRAS, 1956, v. 116, p. 503.
- [2] Степанов А.В. Основные модели вспышек, в кн. "Плазменная гелиогеофизика", ред. Л.М. Зеленого и И.С. Веселовского, Москва, ФИЗМАТЛИТ, 2008, т.1, с.232.

**Вспышка 6 декабря 2006 г. как процесс
с положительной обратной связью: ускорение
и нагрев плазмы**

Струминский А.Б., Зимовец И.В.

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

Проведено сравнение температуры вспышечной плазмы, вычисленной по данным GOES (0.24 – 1.9 кэВ и 0.47 – 3.7 кэВ), и ее производной по времени с различными потоками солнечного нетеплового излучения в событии 6 декабря 2006 года. Выявлено: 1) температура вспышечной плазмы была пропорциональна логарифму темпа счета ACS SPI (> 150 кэВ) первые 16 мин после начала рентгеновской вспышки в 18:29 UT; 2) такая пропорциональность не видна по данным RHESSI в диапазонах 100 – 300 кэВ из-за высокого фона детектора до 18:42 UT; 3) изменение спектра ускоренных электронов в 18:42 UT соответствует температуре 16 МК; 4) максимум производной температуры совпадает с резонансными пиками на частоте 245 МГц.

Эти наблюдения свидетельствуют о том, что нетепловые электроны являются основным источником нагрева вспышечной плазмы, причем ускорение частиц и нагрев плазмы являются системой с положительной обратной связью. Эта связь исчезает при достижении плотности плазмы $\sim 10^9 \text{ см}^{-3}$, когда значительные потоки электронов с жестким спектром уже не могут эффективно нагревать расширяющуюся плазму. Аналогичная картина наблюдалась в событии 23 июля 2002 года, когда ускоренные электроны были основным источником нагрева вспышечной плазмы, и более 2/3 их полной энергии было получено до начала импульсной фазы [1]

- [1] Holman G. D., Sui L., Schwartz R. A., and Emslie A. G. // Astrophys.J., 2003, v.595, p.L97.

О возможности долгосрочного прогноза солнечной активности

Тлатов А.Г.

Кисловодская Горная астрономическая станция ГАО РАН

В настоящее время существуют методики прогноза циклов солнечной активности, основанные на наблюдениях предвестников в эпоху спада и минимума. К числу таких предвестников можно отнести геомагнитную активность, состояние крупномасштабного магнитного поля, полярную активность и др. При этом наблюдается достаточно хорошее согласие прогнозов с амплитудой следующего цикла активности, а сам прогноз осуществляется за 4-6 лет до момента наступления максимума активности.

Вместе с тем для долгосрочных прогнозов солнечной активности на несколько 11-летних циклов вперед, необходимо использовать другие методы. В работе предложены рекурсионные соотношения между амплитудой и характерными интервалами времени солнечных циклов, включающих моменты переполусовки, для прогнозирования амплитуды и длительности солнечных циклов активности.

Методы обработки синоптических наблюдений солнечной активности на Кисловодской солнечной станции

Тлатов А.Г., Васильева В.В., Макарова В.В.

Кисловодская Горная астрономическая станция ГАО РАН

В работе представлены компьютерные методы обработки элементов солнечной активности применяемых на Кисловодской солнечной станции. Методика применена для детектирования солнечных пятен, активных областей, волокон и протуберанцев в автоматическом и полуавтоматическом режиме в континууме и линиях H-альфа, CaII K.

Проведено сравнение результатов автоматического со статистическими данными Кисловодской станции и другими доступными обсерваториями, которое показало хорошее соответствие. В работе приведены параметры площадей солнечных пятен, тени солнечных пятен, факелов по наблюдениям в белом свете в течение 23-го цикла и магнитные потоки этих элементов активности, вычисленные по наблюдениям Кисловодска и изображений в белом свете и магнитограммах обсерватории SOHO/MDI.

**Методика обработки интенсивности
спектральной короны
на Горной станции ГАО РАН**

Тлатов А.Г., Гусева С.А., Алиев А.Х., Середжинов Р.Т.

Кисловодская Горная астрономическая станция ГАО РАН

В настоящее время проведены работы по реконструкции малого коронографа Лио, используемого для синоптических наблюдений спектральной короны. В частности уточнено положение диафрагмы Лио, произведена замена вторичного объектива, реконструирован спектрограф.

Наиболее важной новацией является применение цифровых методов регистрации, которые предполагают использование автоматизированных методик анализа. В работе рассмотрены алгоритмы и методы измерения интенсивности спектральной короны в линиях 5303Å и 6374Å. Проведены результаты калибровки и сверки с принятой системой наблюдений.

Веб-система анализа солнечных данных РАТАН-600

Тохчукова С.Х., Кальтман Т.И., Модин Е.В.

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

Представлены новые возможности интеллектуальной веб-системы для онлайн-обработки солнечных наблюдательных данных радиотелескопа РАТАН-600 (<http://www.spbf.sao.ru/prognoz/>). Система предназначена для сбора данных, их хранения, обработки, анализа, моделирования, и выдачи определенных заключений о качестве данных, и состоянии солнечной активности на основе ежедневного мониторинга. В частности, система выполняет автоматическую проверку качества и предварительную обработку данных, поиск активных областей, их идентификацию, и гаусс-анализ, в рамках известных допущений и ограничений. Система предоставляет веб-интерфейс для более подробного интерактивного анализа данных, построения спектров интенсивности и круговой поляризации выбранной точки на скане, сопоставления с данными других обсерваторий (СОХО, ССРТ, Нобейма) и т.д. Система также обеспечивает интерактивное моделирование наблюдательных данных (для радиотелескопа РАТАН-600), основанное на упрощенных моделях некоторых типичных солнечных источников. Модели учитывают тепловой тормозной, гирорезонансный, гиротронный механизмы излучения радиоисточников. Сравнение результатов моделирования с наблюдательными данными дает возможность диагностики параметров плазмы на уровнях короны и переходной области хромосфера-корона.

Асимметрия контуров красной корональной линии

Тягул Н.Ф.

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

Анализ форм контуров красной корональной линии излучения Солнца показал, что 80% приходится на долю контуров с более интенсивным синим крылом и только 20% — с красным. В поисках природы усиленных синих крыльев были рассмотрены гистограммы распределений лучевых скоростей в каждом 10-градусном интервале широт по материалу ~ 5500 контуров, приведенных к NE-квадранту. Эти распределения также показали синюю асимметрию, обусловленную, по-видимому, движениями на поверхности Солнца противоположного знака по отношению к вращению, что находится в согласии с работами [1], [2] и [3]. Природу синих крыльев контуров этой линии аналогичным образом объяснить не удастся.

- [1] Labonte B.J. and Howard R. Torsional waves on the Sun and the activity cycle // Sol. Ph., 1982. V.75. P.161 - 178
- [2] Макаров В.И., Тлатов А.Г. Крутильная мода в вариациях интенсивности солнечной орбиты в линии FeXIV 5303 ? // Астр. Ж., 1995. Т.72.№5. С.749-752.
- [3] Макаров В.И., Тлатов А.Г. Крутильные колебания в солнечной короне // Астр.Ж., 1997. Т.74. №4. С.615-620

Определение геометрических и кинематических параметров корональных выбросов массы по данным космических аппаратов STEREO

Файнштейн В.Г.¹, Цивилева Д.М.², Кашапова Л.К.¹

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

²*Иркутский Государственный Университет, Иркутск,
e-mail: vfain@iszf.irk.ru*

Известно, что наблюдение корональных выбросов массы (КВМ) в поле зрения коронографа позволяет определить лишь их видимые характеристики, которые могут заметно отличаться от истинных параметров КВМ

вследствие проекционных эффектов. Предложен метод определения реальных геометрических и кинематических параметров корональных выбросов массы по одновременным наблюдениям КВМ двумя космическими аппаратами STEREO A,B. К таким параметрам относятся направление движения КВМ, скорость и ускорение КВМ вдоль его оси или вдоль любого другого направления, угловые размеры КВМ, а также положение фронта КВМ в зависимости от времени. Метод основан на предположении, что форма КВМ может быть описана одной из разновидностей конических моделей (“ice-cream models”). Тип модели в каждом конкретном случае выбирается из анализа изображений на двух аппаратах STEREO A, B. В определенных для каждого аппарата плоскостях для каждой из трех рассмотренных моделей КВМ получены соотношения, связывающие видимые и истинные параметры КВМ. Эти соотношения формируют систему тригонометрических уравнений, решение которой позволяет найти необходимые характеристики КВМ. Предложенный метод был тестирован для нескольких КВМ. Видимые параметры КВМ определялись из наблюдения КВМ в поле зрения коронографов “COR1” на расстояниях $R = (1.4 - 4)R_{\odot}$. Точность метода определялась качественно из сравнения видимых и найденных скоростей, ускорений и угловых размеров КВМ, а также из сопоставления направления движения КВМ с положением связанной с КВМ активности на видимом диске Солнца (вспышки, эруптивные волокна (протуберанцы)).

Фотометрическая эволюция комет и солнечная активность

Филоненко В.С.¹, Чурюмов К.И.²

¹ *НИИ астрономии ХНУ им.В.Н. Каразина, Харьков, Украина,
e-mail: filonenko@astron.kharkov.ua*

² *Астрономическая обсерватория КНУ, Киев, Украина,
e-mail: klim.churyumov@observ.univ.kiev.ua*

Первые указания на связь между наблюдающимся блеском комет и числами Вольфа были получены в начале 19-го столетия. Но, несмотря на почти 200-летнюю историю исследований, механизм солнечно-кометных связей до сих пор мало изучен.

В докладе обсуждаются три новые наблюдательные особенности влияния солнечной активности на фотометрическую эволюцию комет, обнаруженные авторами. Во-первых, Оказалось, что кометы можно разделить

на две группы: для комет первой группы рост уровня солнечной активности приводит к вспышкам блеска, а у комет второй группы увеличение солнечной активности вызывает глубокие депрессии на кривой блеска.

Во-вторых, было обнаружено, что изменения среднего блеска комет с ростом числа Вольфа носят немонотонный характер. Средний блеск комет уменьшается с увеличением чисел Вольфа W от 0 до примерно 40, при дальнейшем увеличении W от 40 до приблизительно 120 средний блеск комет растет, а при W больше 120 блеск комет снова падает.

В-третьих, была обнаружена эмпирическая зависимость вековых вариаций блеска 17 периодических комет от фазы векового 90-летнего цикла солнечной активности, которая, вероятно, может объяснить известный наблюдательный факт немонотонного векового затухания периодических комет.

Новый альтернативный механизм зебра-структуры в результате развития взрывной неустойчивости в системе пучок–плазма

Фомичев В.В., Файнштейн С.М., Чернов Г.П.

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 зебра-структуры (ЗС) в континуальных солнечных радиовсплесках IV типа. Показано, что в системе слаборелятивистский моноскоростной поток протонов — сильно неизотермическая плазма медленная пучковая мода может обладать отрицательной энергией и развивается взрывная неустойчивость при взаимодействии медленной и быстрой пучковых мод и ионного звука. Вследствие слабой пространственной дисперсии генерация ионного звука сопровождается каскадным процессом слияния, и происходит стабилизация взрывной неустойчивости. ЗС образуется при рассеянии быстрых протонов на ионнозвуковых гармониках. Выяснена эффективность нового механизма по сравнению с ранее обсуждаемыми гипотезами.

**Компактные радиоисточники в области корональных
дыр по микроволновым наблюдениям
солнечных затмений**

Цветков Л.И.¹, Цап Ю.Т.^{1,2}, Самисько С.А.¹

¹ НИИ «Крымская астрофизическая обсерватория», п. Научный,
e-mail: tslev@yandex.ru

² Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория,
С.-Петербург, e-mail: yur@crao.crimea.ua

На основе результатов микроволновых наблюдений солнечных затмений 3 октября 2005 г., 29 марта 2006 г. и 1 августа 2008 г., проведенных с помощью радиотелескопа РТ-22 НИИ "КрАО" на волнах 2.0, 2.3, 2.8 и 3.5 см, рассмотрены особенности излучения и тонкой пространственной структуры компактных радиоисточников. Установлено, что положения этих образований и ярких рентгеновских точек, наблюдаемых на космической орбитальной станции SOHO, совпадают. Среднее значение потока излучения радиоисточников превышает уровень спокойного Солнца на 0.28 с.е.п. Характерные их размеры составляют около 7.0 угл.сек. Яркостные температуры увеличиваются с ростом длины волны и лежат в пределах $(0.7 - 1.7) \times 10^6$ К. Сделан вывод в пользу нетеплового гиросинхротронного механизма излучения. Обсуждаются возможные модели энерговыделения и формирования рентгеновских джетов в мелкомасштабных корональных петлях.

**Высокотемпературный токовый слой на стадии
предвестника солнечных вспышек**

Чариков Ю.Е.

Физико-Технический институт им.Иоффе А.Ф., С.-Петербург;
e-mail: Y.Charikov@mail.ioffe.ru

Предвестники солнечных вспышек регистрируются на часовой шкале в различных энергетических диапазонах. Рентгеновские и ультрафиолетовые наблюдения излучения на стадии предвестника предполагают высокотемпературный нагрев плазмы — до 10МК. Одним из возможных является механизм нагрева плазмы на стадии формирования токового

слоя. Аномальная проводимость плазмы в слое и наличие малой поперечной к слою компоненты магнитного поля обеспечивают высокую температуру и меру эмиссии в источнике излучения. Проведены порядковые оценки параметров в слое и мягкого рентгеновского излучения на стадии предвестника. Обсуждаются механизмы формирования высокотемпературного токового слоя и его эволюция от стадии предвестника до вспышки. Особое внимание уделено концепции нового магнитного потока, всплывающего в окрестности существующей конфигурации магнитного поля, как причины возникновения предвестника и вспышки.

Диагностика вспышечной плазмы: современные наблюдения и теория генерации рентгеновского излучения

Чариков Ю.Е.

*Физико-Технический институт им.Иоффе А.Ф., С.-Петербург;
e-mail: Y.Charikov@mail.ioffe.ru*

Вопросы локализации вспышек, пространственные и временные масштабы процессов энерговыделения и ускорения заряженных частиц попрежнему остаются в центре внимания. В настоящей работе анализируются данные по жёсткому рентгеновскому излучению солнечных вспышек(ЖРИ), полученные во время полётов спутников Yohkoh, CGRO, КОРОНАС и др. Не вызывает сомнения, что вспышки происходят в системе магнитных петель. Однако вопросы конфигурации магнитных полей а также локализация области энерговыделения остаются открытыми. Локализация жёсткого рентгеновского излучения ускоренных электронов во время полёта японского спутника Yohkoh позволила обнаружить корональные источники в ряде событий в отличие от хромосферных, наиболее часто регистрируемых в различных экспериментах. Измерения жёсткого рентгеновского излучения на CGRO и спутниках КОРОНАС обнаруживают сверхтонкую временную структуру вспышечного излучения. Регистрация отдельных импульсов длительностью сотни миллисекунд предполагает значения концентрации плазмы в источнике излучения не менее 10^{12} см^{-3} . Моделирование процесса генерации жёсткого рентгеновского излучения в толстой мишени позволило нам по временной структуре излучения определять концентрацию плазмы а также параметры ускоренных электронов — длительность отдельного импульса на разных энергиях.

Во второй части анализируются результаты измерений степени поляризации и направленность жёсткого рентгеновского излучения во время

вспышек. Особо обсуждаются результаты регистрации чрезвычайно высокой степени поляризации жёсткого рентгеновского излучения, зарегистрированные на станции КОРОНАС-Ф. Как известно, степень поляризации ЖРИ зависит от углового и энергетического распределений ускоренных электронов, от параметров вспышечной плазмы. Как показано нами, значение степени поляризации выше 70%, регистрируемое на протяжении всей вспышки, чрезвычайно сложно объяснить в модели толстой мишени. Модельные расчёты степени поляризации ЖРИ в толстой мишени для нестационарной задачи кинетики пучков ускоренных нерелятивистских электронов определяют падение степени поляризации до значений порядка 10% на временах, не превышающих несколько секунд.

**Нестационарная кинетика пучка нерелятивистских
электронов: расчёт направленности и степени
поляризации жёсткого рентгеновского излучения
вспышек на Солнце**

Чариков Ю.Е.

*Физико-Технический институт им.Иоффе А.Ф., С.-Петербург;
e-mail: Y.Charikov@mail.ioffe.ru*

Последние многочисленные эксперименты свидетельствуют о присутствии импульсной составляющей в излучении с характерным временем в сотни миллисекунд (несколько секунд). Поэтому в современных экспериментах по регистрации степени поляризации жёсткого рентгеновского излучения (ЖРИ) с временем разрешения в несколько секунд измеряются усреднённые (как правило заниженные) значения степени поляризации. С этих позиций особого внимания заслуживает факт регистрации чрезвычайно высокой степени поляризации более 75% во время вспышки 29.10.2003 на спутнике КОРОНАС-Ф в течение длительного времени.

Интерпретация результатов измерений стимулирует решение нестационарных задач с характерным масштабом импульса излучения в сотни миллисекунд. Задача нестационарной кинетики пучка нерелятивистских электронов решалась нами с целью расчёта характеристик ЖРИ во время солнечных вспышек. Ускорение электронов предполагалось в виде последовательности импульсов различной формы длительностью в сотни миллисекунд. Расчётными функциями являлись - интенсивность, направленность и степень поляризации ЖРИ. Аргументами — время и энергия квантов. Параметрами служили показатель спектра электронов, угловая

зависимость электронов, угол наблюдения и концентрация плазмы. Многопараметрические исследования позволили сделать вывод о существенном уменьшении эффекта направленности центр-лимб (по сравнению с более ранними работами), о быстром временном падении величины степени поляризации ЖРИ (до нескольких процентов) практически для любых совокупностей параметров. Объяснение высокой стационарной степени поляризации ЖРИ в рассматриваемой модели не имеет места.

Проблема нагрева короны Солнца остаётся

Чариков Ю.Е.

*Физико-технический институт им. А.Ф.Иоффе РАН,
Сп.Петербург, mailYuri.Charikov@mail.ioffe.ru*

Как известно, температура внутренней короны Солнца порядка 2 МК отличается практически на 3 порядка от температуры фотосферы. Понятно, что самопроизвольная передача теплоты из внутренних областей Солнца к короне невозможно в силу 2-го начала термодинамики. Общая идея нагрева связана с переносом и последующей диссипацией энергии волн, возникающих в конвективной зоне. Наиболее вероятным кандидатом являются альвеновские волны, которые способны проникать в корону вдоль линий магнитного поля. Однако до последнего времени они не были обнаружены. Только в 2007 году удалось (косвенным образом) зарегистрировать и определить амплитуду альвеновских волн в короне. Колебания со скоростью 2–3 км/с и альвеновской скорости 1–5 Мм/с определяют величину переносимого теплового потока 0.01 Вт/м^2 , что на 4 порядка меньше лучистых потерь в короне. Поэтому, несмотря на доказательство существования этих волн в короне, величина теплового потока оказалась настолько малой, что даже полная диссипация энергии волн не может объяснить высокую температуру короны Солнца. Вторым, дополнительным механизмом нагрева, предложенным Паркером в прошлом десятилетии, является механизм нагрева, связанный с диссипацией энергии нановспышек. Непрерывная диссипация энергии возможна через стадию высокотемпературного слоя, приводящая к температуре вплоть до 10^7 К . Однако, данный механизм наталкивается на две существенные трудности, связанные с активными широтами и отсутствием даже слабых вспышек в годы минимума солнечного цикла, что и происходит в настоящее время. Первая проблема снимается предположением наличия магнитного «ковра», состоящего из многочисленных мелких волокон. Отсутствие нановспышек на длительной временной шкале — в первой половине 2009 года по данным спутника

GOES практически такие вспышки не регистрировались, заставляет поставить под сомнение этот механизм нагрева. Остаётся возможность рассмотреть вклад процессов диссипации энергии, связанных со структурами магнитного поля и приводящих к процессам, подобным вспышечным, но на ещё более меньшем масштабе энерговыделения (ниже порога чувствительности GOES). Некоторые указания на это дают последние наблюдения в мягком рентгеновском излучении на спутнике КОРОНАС-Фотон.

Рентгеновские джеты на Солнце как индикаторы образования высокотемпературных токовых слоёв

Чариков Ю.Е.

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

Рентгеновские джеты впервые обнаруженные во время полёта японского спутника Yohkoh представляют собой выбросы высокотемпературной плазмы со скоростями 10–1000 км/с. Температура плазмы джета 3–8 МК, концентрация порядка 10^9 см^{-3} а масса 10^{13} г . Тепловая энергия плазмы джета $10^{27} - 10^{29} \text{ эрг}$. Джеты часто связывают с вспышками, происходящими в подножиях петель магнитного поля. Проведённые нами исследования формирования высокотемпературного токового слоя на стадии предвестника вспышек позволяют объяснить высокую температуру, тепловую энергию, скорость эвакуации плазмы, наблюдаемые в рентгеновских джетах. Особенности внешних условий в окрестности токового слоя объясняют его эволюцию, приводящую к выбросу плазмы. При этом не всегда может иметь место развитие взрывной фазы вспышки.

Наблюдения рентгеновских вспышек 14 июля 2005 года с марсианской и околоземной орбит

*Чернетский В.А.¹, Лившиц М.А.¹, Кашанова Л.К.²,
Митрофанов И.Г.³, Головин Д.³, Козырев А.С.³,
Литвак М.Л.³, Санин А.Б.³, Третьяков В.И.³,
Бойнтон В.⁴, Шиохара К.⁴, Хамара Д.⁴*

¹ *Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения
радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН, Москва, Россия,*

² *Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения РАН,
Иркутск, Россия,*

³ *Институт космических исследований РАН, Москва, Россия,*

⁴ *Университет штата Аризона, США.*

В докладе продолжен анализ данных о жестком рентгеновском излучении солнечных вспышек, зарегистрированном на детекторе нейтронов высоких энергий (аппаратура HEND, ИКИ РАН), установленном на КА «Марс Одиссей». В первой работе [1] основное внимание было уделено стереоскопическим эффектам, тогда как во второй [2] рассматривался восход группы 10486 в октябре 2003 года и затем удалось проследить взаимодействие вспышечной активности во всех видимых тогда на диске областях. В этом докладе рассматривается развитие группы 786 в июле 2005 года, в которой при ее заходе 14 июля 2005 года на КА «Марс Одиссей» наблюдались две вспышки. Условия наблюдений с орбиты вокруг Марса были лучше, поскольку планета находилась более чем на 40 градусов западнее Земли. На КА RHESSI не наблюдались основные части жесткого всплеска этих вспышек, но можно было построить изображения в самом начале событий. Первой особенностью этих вспышек была их гомологичность, проявляющаяся главным образом в том, что 10-15 минут в начале вспышек излучение было достаточно мягким, и только затем происходил весьма жесткий и мощный всплеск излучения. Если во вспышках в этой группе, наблюдающихся на диске, основные процессы происходили около северного и южного пятен с близкими размерами, то при выходе на западный лимб северное пятно почти распалось. Хотя вспышки начинались в северной части группы, жесткое излучение, по-видимому, возникает тогда, когда вспышечный процесс достигает области южного пятна. Корональные выбросы массы начинались близ самого начала вспышек, однако мощное энерговыделение, проявляющееся в жестком всплеске, вызывает также развитие быстрой и достаточно плотной части СМЕ. Это обусловило развитие сильного возмущения межпланетного пространства, проявившееся, в частности, в развитии сильного Форбуш-эффекта.

- [1] Лившиц М.А., Чернетский В.А., Митрофанов И.Г. и др. // Астрон. Журн., 2005, том 82, №11, с. 1025–1041
- [2] Кашапова Л.К., Лившиц М.А. // Астрон. Журн., 2008, том 85, №12, с. 1129–1142

Зависимость «случайных флуктуаций» фототока от изменений солнечной активности

Шаповалов С.Н., Трошичев О.А.

ГУ ААНИИ, Санкт-Петербург, e-mail: shapovalov@aari.nw.ru

За период с 24.04.2004 г. по 01.02.2006 г. на антарктической ст. Ново-лазаревская проводились экспериментальные исследования флуктуаций фототока в фотодиоде ФД-7К (прибор КФК-2). Временной анализ числа флуктуаций за сутки (частота появлений) показал, что их временное распределение соответствует изменениям общей солнечной радиации (TSI) и солнечной активности (F10.7 см), при этом, соответствие распределения числа флуктуаций фототока за сутки с вариациями СКЛ и ГКЛ не обнаруживается.

Из полученных результатов следует, что частота появления флуктуаций фототока ФД-7К обусловлена внешними (солнечными) причинами, и предполагает реакцию фотоэлементов различных устройств на солнечную активность.

Оценка роли эвекции в эффекте Эйнштейна

Шаповалов С.Н., Трошичев О.А.

ГУ ААНИИ, Санкт-Петербург, e-mail: shapovalov@aari.nw.ru

Рассмотрены результаты оптических измерений отклонения лучей звезд от диска Солнца при наблюдении полных солнечных затмений с 1919 г. по 1973 г. (эффект Эйнштейна). Проведен анализ связи оценок $\delta\varphi$ с эвекцией — «основным возмущением от Солнца в теории движения Луны». Показано, что отклонение лучей звезд в дни экстремумов эвекции (± 1.274) могут достигать величины $\delta\varphi \approx 2.25'' \pm 10\%$. Соответственно, значение Эйнштейна $\delta\varphi \approx 1.75''$ должно наблюдаться при условии $1.274 \sin(l - 2D) \approx 0$. Полученные результаты свидетельствуют об отклонении лучей звезд в околоземном пространстве с закономерной периодичностью ≈ 32 сут (период эвекции).

Даны ожидаемые значения $\delta\varphi$ для полных солнечных затмений с 22.09.2006 г. по 29.12.2103 г.

Солнечные закономерности в спектре UV атмосферы (Антарктида)

Шаповалов С.Н., Трошичев О.А., Широчков А.В.

ГУ ААНИИ, Санкт-Петербург, e-mail: shapovalov@aan.i.nw.ru

На станции Новолазаревская (Антарктида) с 2005 г. проводятся зенитные спектральные наблюдения флуктуаций частот UV в диапазоне 300 nm–400 nm. Наблюдения осуществляются на многоканальном спектрометре «AvaSpec-2048» (<http://www.avantes.com>). На частотах 332 nm, 333.5 nm, 342.5 nm, 351.5 nm и 395.2 nm обнаружены «скачки» (внезапные переходы), превышающие регулярные флуктуации шума частот на порядок и выше. В энергетических значениях наблюдаемые переходы выражаются в кратковременном изменении энергии частоты на величину, соответствующую соседней или более удаленной линии спектра. Например, для частоты 342.5 nm наблюдаются изменения энергии от 3.619 eV/photon до 3.652 eV/photon, что соответствует энергии для линии 339.5 nm.

При изучении возможных причин наблюдаемых эффектов в UV, проводился анализ их связей с различными атмосферными и внеатмосферными факторами. По полученным корреляционным оценкам, таковыми факторами являются протоны СКЛ от $E > 1$ MeV до $E > 100$ MeV. К примеру, коэффициенты корреляции для среднесуточных стандартных отклонений (SD) 342.5 nm и протонов СКЛ за период с 01.09.06 г. по 12.02.07 г. составляют: $r \sim 0.8$ ($E > 1$ MeV), $r \sim 0.6$ ($E > 10$ MeV) и $r \sim 0.5$ ($E > 100$ MeV).

По данным минутных измерений потока в диапазоне 300 nm–330 nm с 01.09.06 г. по 12.02.07 г. обнаружены вариации UV с периодами 3–5 мин, 20–30 мин, 40–45 мин, 60 мин и 100 минут. Выявлена суточная динамика в изменении продолжительности периодов UV — от 3-х мин, в ранние утренние часы, до 40–100 мин — в полуденное и послеполуденное время.

Открытые магнитные поля на Солнце и характеристики солнечного ветра у Земли

Шельтинг Б.Д., Обриджо В.Н.

Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н. В. Пушкова РАН, Троицк, Московская обл.

Изучено распределение магнитного поля солнечного ветра вблизи Земли и сопоставлено с тем, что ожидалось по классической модели. Показано, что двухвершинность распределения значений межпланетного магнитного поля, обнаруженная ранее, не является артефактом усреднения, а

отражает реальную структуру магнитного поля внутри сектора. При этом более часто встречается магнитное поле полярности, соответствующее ведущему пятну северного полушария. Изучена связь между открытыми магнитными полями на Солнце и магнитным полем вблизи Земли. Показано, что скорость и плотность солнечного ветра определяется условиями в корональных дырах.

Горизонтальное магнитное поле в области фотосферной магнитной сетки

Шеминова В.А.

*Главная астрономическая обсерватория НАН Украины, Киев,
e-mail: shem@mao.kiev.ua*

Как горизонтальное магнитное поле на поверхности Солнца соотносится с вертикальным? Этот вопрос стал особенно актуальным после наблюдений на солнечной космической обсерватории Hinode с пространственным разрешением около 0.3 сек дуги. Результаты численного 2D МГД моделирования солнечной магнитоградуляции, которое воспроизводит магнитное поле в области фотосферной сетки с разной величиной магнитного потока, демонстрируют превышение средней напряженности горизонтального поля над вертикальным. Это свойство магнитного поля фотосферы не зависит от величины заданного начального магнитного потока в области моделирования. В рамках 2D МГД моделей фотосферы выполнен синтез профилей Стокса инфракрасной линии железа 1564.8 нм. Стокс-диагностика моделируемой магнитоградуляции показала, что наши результаты качественно согласуются с наблюдениями на Hinode.

Морфология солнечных радиовсплесков и их источники

Шрамко А.Д., Гусева С.А.

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

Рассматривается морфология солнечных всплесков на длине волны 5см., которые регистрировались на радиотелескопе РТ-3 (Кисловодская ГАС). Для выявления источников рассматриваемых радиовсплесков используются данные различных спутников (SOHO, GOES).

Система управление солнечного оперативного телескопа ГАС

*Шрамко А.Д., Дормидонтов Д.В., Середжинов Р.Т.,
Тлатов А.Г.*

Кисловодская Горная астрономическая станция ГАО РАН

На Горной астрономической станции ГАО проводятся работы по созданию нового оперативного солнечного телескопа-спектрополяриметра. Предполагается, что телескоп будет работать в непрерывном режиме, осуществляя наблюдений солнечной атмосферы в выбранных спектральных линиях. Одним из наиболее важных узлов телескопа является система позиционирования и сканирования Солнца. Система должна компенсировать вибрацию и внешние колебания, и обеспечивать точность позиционирования на щели спектрографа не хуже 1 угл. секунды. Для управления зеркалами используются электромагнитные приводы. В качестве сигналов обратной связи используются положение Солнца на фотодетекторе. Компенсация колебаний обеспечивается включение в обратную связь сигналов положения и скорости перемещения зеркал. Приводятся алгоритмы и блок-схемы электрических и логических компонентов, примененных в системе.

Прогнозирование скорости потоков солнечного ветра в минимуме 23-го солнечного цикла

Шугай Ю.С.

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

В минимуме 23-го солнечного цикла наблюдались высокоскоростные потоки солнечного ветра (СВ), источником которых были низкоширотные корональные дыры (КД). В настоящее время хорошо известно, что существует зависимость между параметрами КД (например, площадью, яркостью, магнитным полем и т.д.) и скоростью потоков СВ [1]. Однако не всегда удается получить стабильно хороший результат прогнозирования скорости СВ, используя разные характеристики КД, даже в отсутствии спорадических возмущений. В работе анализируются возможные причины этого явления и результаты прогнозирования скорости СВ по параметрам КД для текущего минимума солнечного цикла, разработанным нами ранее методом [2]. Параметры КД вычислялись по изображениям Солнца, получаемым с космического аппарата SOHO/EIT. При обработке изображений использовалась стандартная библиотека SolarSoft.

- [1] Обридко В.Н. и др. // Труды конференции «Солнечная и солнечно-земная физика-2008», Пулково, 2008, с.269.
- [2] Shugai Yu.S. et al. // Pattern Recognition and Image Analysis, 2006, v.16, №1, p.79.

Статистические характеристики экстремальных событий в параметрах космической погоды

Яковчук О.С.¹, Веселовский И.С.^{1,2}, Макаренко Н.Г.³

¹ Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скобельцына МГУ, Москва, e-mail: olesya@dec1.sinp.msu.ru

² Институт космических исследований РАН, Москва

³ Главная астрономическая обсерватория РАН, Санкт-Петербург

Экстремально сильные возмущения на Солнце, в гелиосфере и магнитосфере представляют большой практический интерес для прогноза и космической погоды. Известно, что для описания параметров и предсказания состояния космической погоды используются десятки различных индексов. Каждый из них является интерференцией множества физических процессов, различных по пространственной и временной сложности.

В данной работе мы выбрали классификацию NOAA [1] [2], которая оценивает воздействие солнечных активных явлений на околоземное космическое пространство по пятибалльной шкале по трём позициям: рентгеновский балл (воздействие э/м излучения на ионосферу), солнечные протонные события, возмущение геомагнитного поля.

Цель работы: рассмотреть, как меняются статистические характеристики экстремальных событий в рамках этой классификации при понижении балла от сильно-возмущённой до слабо-возмущённой обстановки в космическом пространстве и обсудить минусы и плюсы выбора такой классификации.

В работе также рассматриваются различные определения «экстремальных событий» в контексте наблюдаемых индексов и обсуждаются теоретические и практические проблемы их изучения.

- [1] NOAA Space Weather Scales www.sec.noaa.gov/NOAA_scales/.
- [2] Ишков В.Н. Солнечные экстремальные события: история, осуществление, прогноз. // Солнечно-земная физика. 2005, № 8, с.19-23.

On Spatial Variations of Magnetic Field and Superthermal Electron Distribution in cm-Radio Burst Source

Yasnov L.V.¹, Karlický M.²

¹*St.-Petersburg State University, Russia, e-mail: leonid.yasnov@mail.ru*

²*Astronomical Institute, Czech Republic, e-mail: karlicky@asu.cas.cz*

We use a method of an estimation of spatial variations of the magnetic field and superthermal electron distribution in solar cm-radio burst sources [1] for several solar cm-radio bursts. For this method the assumption about a constant magnetic field in the radio source is used. However, this assumption can be checked in this procedure. For all analyzed radio bursts the measure of the spatial variations of the superthermal electron distribution ($\nu = 1.5 - 3.5$) is larger than that for the spatial variations of the magnetic field ($\mu = 0.35 - 0.45$).

During the events (26 February 2004, 16 July 2004, and 26 July 2004) the magnetic structure remains stable. This is expressed by a very low errors of the μ determination (about 1%). In other events (15 July 2004, 30 October 2004, 12 July 2005, 14 November 2005, 2 December 2005) the stability needs further verifications because the errors increase to 5-10%. For example, in the 14 November 2005 event a detailed analysis indicated two sources. As concerns the events at 17 September 2005 and 21 July 2004 (with the error 33 % and 45 %), we can conclude that the magnetic field structure changed essentially during these events or sources changed locations.

Except the 26 February 2004 event, in all other events (26 July 2004, 16 July 2004, 15 July 2004, 21 July 2004, 30 October 2004, 17 September 2005, 12 July 2005, 14 November 2005, 2 December 2005) the correlation between the parameters ν and δ can be seen. Such a correlation can be explained as follows: if for example, the spectral index δ decreases, i.e. the relative number of energetic electrons increases, then due to their higher velocities and thus due to their lower collisional frequencies with the background plasma, they can propagate into larger source regions, which corresponds to a decrease of the parameter ν .

- [1] L.V. Yasnov, M. Karlický // 2008, Proceedings IAU Symp. No. 257 "Universal Solar Processes" N. Gopalswamy & D. Webb, eds., p.353

Список авторов

- Абдусаматов Х.И., 3, 4
Абрамов-Максимов В.Е., 5, 6, 12, 34
Авакян С.В., 7, 8
Алиев А.Х., 128
Артамонова И.В., 10
Артюшкова М.Е., 109
Архангельский А.И., 46, 71
Бадалян О.Г., 10, 11
Бакунина И.А., 5, 12
Баранов А.В., 13, 14
Баранов Д.Г., 28
Баринов А.В., 15
Барляева Т.В., 16
Бачваров Д., 66
Башкирцев В.С., 16, 90
Беневоленская Е.Е., 16
Беспалов П.А., 17
Бессонов М.В., 46
Биленко И.А., 18
Бисенгалиев Р.А., 19
Богачев С.А., 75
Богод В.М., 20, 21
Богомолов А.В., 96
Богоявленский А.И., 4
Бойнтон В., 137
Бонева А., 66
Борисевич Т.П., 105, 120
Боровик А.В., 22
Боровик В.Н., 40
Бруевич Е.А., 22, 23
Брунс А.В., 24
Бугаенко О.И., 75
Буслов А.С., 46
Бучнев А.А., 35
Вальчук Т.Е., 24, 25
Васильев Г.И., 26
Васильев С.С., 27
Васильева В.В., 127
Веретененко С.В., 10, 28
Вернова Е.С., 28
Веселовский И.С., 29, 30, 142
Владимирский Б.М., 24, 31
Владимирский К.В., 87
Волобуев Д.М., 32
Воронин Н.А., 8
Гельфрейх Г.Б., 5, 6, 34
Георгиева К., 34, 66
Гетлинг А.В., 35
Гляненко А.С., 46, 71
Головин Д., 137
Головко А.А., 36
Голубева Е.М., 37
Голубчина О.А., 37
Горбиков С.П., 113
Горшков А.Б., 43
Гречнев В.В., 79
Гриб С.А., 38
Григорьев В.М., 39
Григорьева И.Ю., 40
Грушин В., 66
Губченко В.М., 40
Гусева С.А., 41, 42, 140
Гусева С.А., 128
Давыдов В.В., 42
Данилова О.А., 28
Делоне А.Б., 43, 44, 110
Демидов М.Л., 39, 45
Денисенко С.А., 39
Денисов Ю.И., 96
Дергачев В.А., 27, 46, 47, 116
Джалилов Н.С., 77
Дивлекеев М.И., 43, 48
Дормидонтов Д.В., 141
Дрёге В., 60, 61
Ерофеев Д.В., 48
Ефремов В.И., 49, 50
Житник И.А., 75

Загайнова Ю.С., 51
 Зайцев В.В., 52, 55
 Зимовец И.В., 53, 54, 126
 Злотник Е.Я., 55
 Иванов-Холодный Г.С., 18
 Иванов В.Г., 56, 57, 92, 97
 Иванов Е.В., 56
 Инглис Э.Р., 100
 Исаева А.А., 22
 Ихсанов Р.Н., 57, 58
 Ишков В.Н., 58
 Калегает В.В., 96
 Калинин А.А., 59
 Кальтман Т.И., 60, 128
 Камус С.Ф., 39
 Каримова Л.М., 92
 Картавых Ю.Ю., 60, 61
 Касинский В.В., 62, 63
 Кацова М.М., 64
 Кашапова Л.К., 40, 65, 122, 129, 137
 Ким И.С., 66
 Киричек Е.А., 66
 Киров Б., 34, 66
 Кислякова К.Г., 52
 Кичатинов Л.Л., 68
 Клейменова Н.Г., 70
 Клекер, Б., 60, 61
 Климов В., 66
 Князева И.С., 69, 92
 Ковалев В.А., 18
 Ковальцов Г.А., 60, 61
 Козырев А.С., 137
 Козырева О.В., 70
 Кононова Н.К., 25
 Кононович Э.В., 23
 Коржавин А.Н., 37, 60
 Костюченко И.Г., 71
 Котов Ю.Д., 46, 71
 Кочаров Л., 61
 Кочемасов А.В., 71
 Крамынин А.П., 72
 Крастева Р., 66
 Круглов А.А., 73
 Круглов Е.М., 46
 Кудрявцев И.В., 74
 Кузаян К., 74
 Кузин С.В., 75
 Кузнецов А.А., 76
 Кузнецов В.Д., 77
 Кузнецов С.А., 78
 Кузнецова М.А., 79
 Кузьменко И.В., 79
 Кулагин Е.С., 80
 Курильчик В.Н., 111
 Кутвицкий В.А., 81
 Лазарева Л.Ф., 14
 Лазутков В.П., 46
 Лаповок Е.В., 4
 Лаптухов А.И., 82
 Лаптухов В.А., 82
 Лейко У.М., 83
 Лившиц М.А., 64, 137
 Литвак М.Л., 137
 Лозицкий В.Г., 84, 85
 Лотова Н.А., 87
 Макаренко Н.Г., 87, 142
 Макарова В.В., 88, 98, 127
 Макарова Л.Н., 89
 Матвеев Г.А., 46
 Машнич Г.П., 16, 90
 Мельников В.Ф., 12, 15, 78, 90, 113, 116
 Мерзляков В.Л., 91
 Мешалкина Н.С., 65
 Милецкий Е.В., 56, 92, 97
 Мильков Д.А., 69, 92
 Мирошниченко Л.И., 92
 Митрофанов И.Г., 137
 Модин Е.В., 128
 Моргачев А.С., 94
 Мордвинов В.И., 95
 Мусцовой В.В., 19
 Мышьяков И.И., 96

Мягкова И.Н., 96, 100
 Мячин Д.Ю., 22
 Мёбиус Е., 61
 Наговицын Ю.А., 12, 56, 97, 98, 104
 Наговицына Е.Ю., 98
 Надежкина Н.В., 99
 Накаряков В.М., 12
 Накаряков В.М., 100
 Недков Р., 66
 Николаева В.Д., 89
 Никольская К.И., 101
 Обридо В.Н., 11, 34, 87, 102, 115, 139
 Обухов А.Г., 99
 Огурцов М.Г., 103, 104
 Остряков В.М., 26
 Павлов А.К., 26
 Панасюк М.И., 96
 Парфиненко Л.Д., 49, 50
 Пархоменко А.В., 88
 Перцов А.А., 75
 Петерова Н.Г., 105, 120
 Петров В.Г., 82
 Пименов Ю.Д., 39
 Пипин В.В., 106, 115
 Плюснина Л.А., 95
 Подгорный А.И., 107, 108
 Подгорный И.М., 107, 108
 Поляков В.Е., 94
 Поляков Ю.С., 71
 Понявин Д.И., 16, 109
 Попова Е.П., 109
 Порфирьева Г.А., 43, 110
 Прокудина В.С., 111
 Просовецкая Н.А., 112
 Просовецкий Д.В., 112
 Прохоров А.В., 30
 Пятаков Н.П., 113
 Пятигорский А.Г., 46, 114
 Пятигорский Г.А., 114
 Рагульская М.В., 115
 Распопов О.М., 47, 116
 Резникова В.Э., 116
 Ривин Ю.Р., 117, 119
 Родригес Р., 120
 Рощина Е.М., 121
 Руденко Г.В., 96
 Савина О.Н., 17
 Савченко М.И., 46
 Салахутдинова И.И., 36
 Самисько С.А., 132
 Санин А.Б., 137
 Сарычев А.П., 121
 Сасунов Ю.Л., 121
 Семенов В.С., 121
 Семикоз В.Б., 81
 Середжинов Р.Т., 128, 141
 Сизых Т.С., 122
 Сильнов С.В., 109
 Скородумов Д.В., 46
 Смирнова А.С., 123
 Снегирев С.Д., 123
 Соколов Д.Д., 74, 123
 Соловьёв А.А., 12, 49, 50, 66, 124
 Старостин Л.И., 96
 Степанов А.В., 125
 Струминский А.Б., 54, 126
 Ступишин А.Г., 20
 Суханов Е.А., 43
 Сьерра П., 120
 Тавастшерна К.С., 58
 Тимашев С.Ф., 71
 Тихомиров Ю.В., 12
 Тлатов А.Г., 127, 128, 141
 Топчило Н.А., 105
 Тохчукова С.Х., 37, 128
 Третьяков В.И., 137
 Трошичев О.А., 138, 139
 Тягун Н.Ф., 129
 Тясто М.И., 28
 Уралов А.М., 79
 Файнштейн В.Г., 129
 Файнштейн С.М., 131

Филоненко В.С., 130
 Фомичев В.В., 131
 Фролова А.С., 65
 Фуллон К., 100
 Хамара Д., 137
 Ханков С.И., 4
 Хибер Б., 54
 Хлыстова А.И., 90
 Цап Ю.Т., 125, 132
 Цветков Л.И., 132
 Цивилева Д.М., 129
 Чариков Ю.Е., 132–136
 Чернетский В.А., 137
 Чернов Г.П., 131
 Чертопруд В.Е., 102
 Чурюмов К.И., 130
 Шаповалов С.Н., 138, 139
 Шейнер О.А., 123
 Шельтинг Б.Д., 34, 139
 Шеминова В.А., 84, 140
 Шестов С.В., 75
 Шибасаки К., 5, 6, 34
 Шиохара К., 137
 Широчков А.В., 89, 139
 Шрамко А.Д., 141
 Шрамко А.Д., 41, 42, 140
 Шугай Ю.С., 141
 Юров В.Н., 46, 71
 Яковчук О.С., 142
 Якунина Г.В., 43, 44
 Яснoв Л.В., 20, 21, 142
 Batchvarov D., *см.* Бачваров Д.
 Boneva A., *см.* Бонева А.
 Gao Y., 33, 74
 Georgieva K., *см.* Георгиева К.
 Gordovskyy M.Yu., 85
 Ji H., 116
 Jungner H., 104
 Karlický M., 142
 Kirov B., *см.* Киров Б.
 Kotré P., 65
 Krasteva R., *см.* Крастева Р.
 Moss D., 123
 Nedkov R., *см.* Недков Р.
 Saar S., 123
 Sakurai T., 74
 Semi P.A., 34
 Sonninen E., 104
 Staude J., 85
 Xu H.Q., 74
 Zhang H.Q., 33, 50, 74
 Zhao J.W., 33

Оглавление

<i>Абдусаматов Х.И.</i> Новые критерии определения времени наступления минимума солнечного цикла	3
<i>Абдусаматов Х.И., Богоявленский А.И., Лаповок Е.В., Ханков С.И.</i> Рост концентрации углекислого газа в атмосфере приводит к похолоданию	4
<i>Абрамов-Максимов В.Е., Бакунина И.А., Гельфрейх Г.Б., Шибасаки К.</i> Особенности трех- и пятиминутных колебаний микроволнового излучения активных областей Солнца по данным радиогелиографа Нобеяма	5
<i>Абрамов-Максимов В.Е., Гельфрейх Г.Б., Шибасаки К.</i> Проявление симпатических событий на Солнце в микроволновом диапазоне	6
<i>Авакян С.В.</i> Вызов солнечно-земной физике и перспективы ответа, позволяющего решить насущные проблемы	7
<i>Авакян С.В., Воронин Н.А.</i> Изменения климата под воздействием факторов солнечно-геомагнитной активности и ГКЛ	8
<i>Артамонова И.В., Веретененко С.В.</i> Влияние короткопериодных вариаций интенсивности космических лучей на эволюцию барических систем умеренных и средних широт	10
<i>Бадалян О.Г.</i> Северо-южная асимметрия широтного распределения солнечных пятен	10
<i>Бадалян О.Г., Обриджо В.Н.</i> Сигнатура и модуль северо-южной асимметрии солнечной активности	11
<i>Бакунина И.А., Абрамов-Максимов В.Е., Соловьёв А.А.</i> Долгопериодные колебания микроволнового излучения солнечных пятен в интенсивности и поляризации	12
<i>Бакунина И.А., Абрамов-Максимов В.Е., Соловьёв А.А., Накаряков В.М., Тихомиров Ю.В., Мельников В.Ф., Наговицын Ю.А.</i> Исследование колебаний микроволнового излучения Солнца с помощью радиогелиографов: проблемы, методы, результаты	12
<i>Баранов А.В.</i> О природе короткопериодных изменений магнитного поля солнечных пятен	13
<i>Баранов А.В., Лазарева Л.Ф.</i> Лучевые скорости, найденные по триплетным магнитоактивным линиям, в спектре солнечного пятна	14
<i>Баранов А.В., Мельников В.Ф.</i> Сравнительный анализ эволюций спектра микроволнового излучения из вершины и оснований вспыхивающей петли	15
<i>Барляева Т.В., Понявин Д.И.</i> Долгопериодные вариации климата, солнечной активности и вулканической деятельности	16
<i>Баширцев В.С., Машинич Г.П.</i> Солнце и климат Земли	16

<i>Benevolenskaya E.E.</i> Dynamics of the magnetic field in Cycle 23 from SOHO/MDI data	17
<i>Беспалов П.А., Савина О.Н.</i> Поток тепла как источник ионно-звуковых колебаний в переходной области солнечной атмосферы	17
<i>Биленко И.А., Иванов-Холодный Г.С., Ковалев В.А.</i> О нелинейных режимах развития солнечной активности	18
<i>Бисенгалиев Р.А., Мусцовой В.В.</i> Солнечные магнитные аркады: механизм формирования МГД-центробежной неустойчивостью	19
<i>Богод В.М., Ступишин А.Г., Яснов Л.В.</i> Сопоставление радиоастрономических измерений магнитного поля в активных областях на Солнце с результатами его реконструкции по фотосферным полям	20
<i>Богод В.М., Яснов Л.В.</i> Особенности поляризованного радиоизлучения активных областей на Солнце	21
<i>Боровик А.В., Мячин Д.Ю.</i> Структура и развитие внепятенных солнечных вспышек	22
<i>Бруевич Е.А., Исаева А.А.</i> Сравнительный анализ долговременных изменений хромосферного и фотосферного излучения Солнца и других активных поздних звезд	22
<i>Бруевич Е.А., Кононович Э.В.</i> Циклы активности Солнца и звезд на 11-летней и квазидвухлетней временных шкалах	23
<i>Брунс А.В., Владимирский Б.М.</i> Эффекты космической погоды в шумах полупроводниковых структур	24
<i>Вальчук Т.Е.</i> Секторная структура и солнечный ветер в минимуме 23 цикла	24
<i>Val'chuk T.E., Kononova N.K.</i> Atmosphere circulation epoch change in the beginning of XXI century	25
<i>Васильев Г.И., Остряков В.М., Павлов А.К.</i> Влияние гамма-излучения на ионизацию атмосферы	26
<i>Васильев С.С., Дергачев В.А.</i> Долговременные циклы солнечной активности по данным о ^{10}Be за последние 10 тыс. лет	27
<i>Веретененко С.В.</i> Долгопериодные вариации эффектов солнечной активности в атмосферной циркуляции умеренных и высоких широт	28
<i>Вернова Е.С., Тясто М.И., Баранов Д.Г., Данилова О.А.</i> Изменение полярности фотосферных магнитных полей в солнечном цикле	28
<i>Веселовский И.С.</i> Обзор моделей солнечных и гелиосферных процессов для описания космической погоды	29
<i>Веселовский И.С., Прохоров А.В.</i> Статистические оценки для времени ожидания рентгеновских вспышек на Солнце в зависимости от их мощности	30

<i>Владимирский Б.М.</i> Социокультурная динамика и космический климат	31
<i>Волобуев Д.М.</i> Прогноз минимума и его роль в прогнозе формы 11-летнего цикла солнечной активности	32
<i>Волобуев Д.М.</i> Солнечная активность в «мире маргариток»	32
<i>Gao Y., Zhang H.Q., Zhao J.W.</i> Comparison of photospheric current helicity and subsurface kinetic helicity	33
<i>Гельфрейх Г.Б., Абрамов-Максимов В.Е., Шибасаки К.</i> Диагностика короткопериодических волновых процессов в пятнах по колебаниям микроволнового излучения	34
<i>Georgieva K., Sem P.A., Obridko V.N., Shelting B., Kirov B.</i> Planetary tidal effects on solar activity, and implications for geomagnetic activity and climate	35
<i>Гетлинг А.В., Бучнев А.А.</i> О структуре поля фотосферных скоростей	35
<i>Головко А.А., Салахутдинова И.И.</i> Фрактальные свойства нового магнитного потока	36
<i>Голубева Е.М.</i> Анализ одновременных измерений солнечных магнитных полей в разных спектральных линиях	37
<i>Голубчина О.А., Коржавин А.Н., Тохчукова С.Х.</i> Электронные плотности и яркостные температуры Солнца на расстояниях 1.2–2 радиусов от его центра	37
<i>Гриб С.А.</i> Межпланетные разрывы как один из факторов динамики солнечно-земных связей	38
<i>Григорьев В.М., Демидов М.Л., Денисенко С.А., Камус С.Ф., Пименов Ю.Д.</i> Проект СОЛнечного СИноптического Телескопа (СОЛСИТ) — нового российского инструмента для полновекторного мониторинга магнитных полей по всему диску Солнца	39
<i>Григорьева И.Ю., Боровик В.Н., Кашапова Л.К.</i> Микроволновые характеристики формирующейся аркады в эруптивном событии 31 июля 2004 г по данным РАТАН-600	40
<i>Губченко В.М.</i> Солнечные стримеры в трехмерном кинетическом рассмотрении	40
<i>Гусева С.А., Шрамко А.Д.</i> Исследование корональной линии 6374Å в период минимума солнечной активности	41
<i>Гусева С.А., Шрамко А.Д.</i> Исследование солнечных протуберанцев в спектральных линиях 4861Å, 5876Å, 6563Å	42
<i>Гусева С.А., Шрамко А.Д.</i> Сравнение спектральных и фильтровых наблюдений Солнца в линии 6563Å	42
<i>Давыдов В.В.</i> О возможности корреляций индексов солнечной активности и метеорологических данных в различных точках Земли	42

<i>Делоне А.Б., Дивлекеев М.И., Порфирьева Г.А., Суханов Е.А., Якунина Г.В., Горшков А.Б.</i> Поиски свечения линий Na I (D1 и D2) в области сублимации околосолнечной пыли	43
<i>Делоне А.Б., Якунина Г.В.</i> О полуширинах эмиссионных линий в переходной области и нижней короне	44
<i>Демидов М.Л.</i> Стоксометрические наблюдения магнитных полей Солнца в линиях Fe I $\lambda 525.0$ нм и Fe I $\lambda 523.3$ нм и проблема калибровки данных SOHO/MDI	45
<i>Дергачев В.А., Круглов Е.М., Лазутков В.П., Матвеев Г.А., Пятигорский А.Г., Савченко М.И., Скородумов Д.В., Котов Ю.Д., Гляненко А.С., Архангельский А.И., Бессонов М.В., Буслов А.С., Юров В.Н.</i> Первые результаты работы прибора Пингвин-М на борту КА Коронас-Фотон	46
<i>Дергачев В.А., Распопов О.М.</i> Космические лучи, солнечная активность и климат последних двух тысячелетий	47
<i>Дивлекеев М.И.</i> Пульсации интенсивности излучения активных областей в линии Ca II 8498 Å	48
<i>Ерофеев Д.В.</i> Анизотропия флуктуаций ММП часового диапазона: зависимость от гелиошироты и фазы солнечного цикла	48
<i>Ефремов В.И., Парфиненко Л.Д., Соловьёв А.А.</i> Об артефакте, возникающем при спектральной обработке серий цифровых снимков солнечных пятен	49
<i>Ефремов В.И., Парфиненко Л.Д., Соловьёв А.А.</i> Результаты обработки длинных серий магнитограмм MDI (SOHO)	50
<i>Zhang H.Q., on behalf of SST team</i> Space Solar Telescope (SST) in China	51
<i>Загайнова Ю.С.</i> Свечение гелия He II 304 над тенью пятен	51
<i>Зайцев В.В., Кислякова К.Г.</i> Нагрев плазмы при параметрическом возбуждении звуковых колебаний в корональных магнитных петлях	52
<i>Зимовец И.В.</i> Исследование магнитного поля активных областей импульсных солнечных вспышек на потенциальность	53
<i>Зимовец И.В., Струминский А.Б., Хибер Б.</i> Распространение ускоренных заряженных частиц в модельном магнитном поле солнечной короны	54
<i>Злотник Е.Я., Зайцев В.В.</i> Диагностика колебаний магнитных силовых трубок на Солнце по наблюдаемым характеристикам зебра-структуры	55
<i>Иванов В.Г., Милецкий Е.В., Наговицын Ю.А.</i> Связь между широтными распределениями групп пятен и крупномасштабных магнитных полей Солнца	56
<i>Иванов Е.В.</i> Эруптивные и вспыхивающие корональные выбросы масс и крупномасштабная структура магнитного поля Солнца	56

<i>Ихсанов Р.Н., Иванов В.Г.</i> Циклические изменения дифференциального вращения Солнца, II	57
<i>Ихсанов Р.Н., Тавастииерна К.С.</i> Особенности широтной и долготной эволюции корональных дыр в 11-летнем солнечном цикле	58
<i>Ишков В.Н.</i> Характеристики СА затяжной фазы минимума 23 солнечного цикла	58
<i>Калинин А.А.</i> Моделирование спектра солнечного протуберанца	59
<i>Кальтман Т.И., Коржавин А.Н.</i> Моделирование радиоизлучения пятенного источника в переходной зоне по наблюдениям АО 10935 на РАТАН-600	60
<i>Картавых Ю.Ю., Дрёге В., Клекер, Б., Ковальцов Г.А.</i> Моделирование распространения СКЛ в трехмерном пространстве	60
<i>Картавых Ю.Ю., Дрёге В., Клекер, Б., Кочаров Л., Ковальцов Г.А., Мёбиус Е.</i> Влияние кулоновских потерь на относительное содержание ионов тяжелее железа в СКЛ	61
<i>Касинский В.В.</i> Быстрые вариации дифференциального вращения Солнца на фазе роста 22-го цикла Солнца	62
<i>Касинский В.В.</i> Пространственная анизотропия вспышек в группах пятен, векторные диаграммы бабочек и проблема внешнего триггерного механизма вспышек	63
<i>Кацова М.М., Лившиц М.А.</i> Возможный эволюционный статус солнечной активности	64
<i>Кашапова Л.К., Фролова А.С., Kotrč P., Мешалкина Н.С.</i> Быстрый и медленный отклик хромосферных линий H α и H β на воздействие нетепловых частиц во время солнечной вспышки 26 апреля 2003 года	65
<i>Ким И.С.</i> О наблюдательных проявлениях электрических токов внутренней короны	66
<i>Киричек Е.А., Соловьёв А.А.</i> Модель протуберанца с «нормальной» полярностью поперечного поля	66
<i>Kirov B., Batchvarov D., Krasteva R., Boneva A., Nedkov R., Klimov V., Grushin V., Georgieva K.</i> An instrument for measuring the electrostatic charging of the International Space Station depending on space weather	67
<i>Кичатинов Л.Л.</i> Дифференциальное вращение Солнца: физика и модели	68
<i>Князева И.С., Мильков Д.А.</i> Морфологические характеристики вспышечно-активных областей Солнца	69
<i>Козырева О.В., Клейменова Н.Г.</i> Уровень волновой (2-7 мГц) активности в космосе и на Земле во время магнитных бурь	70
<i>Костюченко И.Г., Тымашев С.Ф., Поляков Ю.С.</i> Особенности хаотической динамики сильных магнитных полей Солнца	71

<i>Котов Ю.Д., Кочемасов А.В., Гляненко А.С., Юров В.Н., Архангельский А.И.</i> Первые результаты эксперимента ФОКА по регистрации солнечного EUV/XUV излучения	71
<i>Крамынин А.П.</i> О годовых вариациях чисел Вольфа	72
<i>Круглов А.А.</i> Тензор проводимости корональной плазмы	73
<i>Кудрявцев И.В.</i> К вопросу о возможном механизме влияния космических лучей на формирование ледяной фазы в атмосфере Земли	74
<i>Kuzanyan K., Gao Y., Xu H.Q., Zhang H.Q., Sokoloff D., Sakurai T.</i> Evolution of Current Helicity in the Solar Cycle and its Statistical Distribution	74
<i>Кузин С.В., Богачев С.А., Житник И.А., Перцов А.А., Бугаенко О.И., Шестов С.В. и коллектив ТЕСИС</i> Первые результаты комплекса инструментов ТЕСИС на спутнике КОРОНАС-ФОТОН	75
<i>Кузнецов А.А.</i> Численное моделирование двойного плазменного резонанса в солнечной короне	76
<i>Кузнецов В.Д., Джалилов Н.С.</i> МГД неустойчивости в анизотропной плазме	77
<i>Кузнецов С.А., Мельников В.Ф.</i> Роль самопоглощения и эффекта Разина в формировании частотного спектра микроволнового излучения солнечных вспышек	78
<i>Кузнецова М.А.</i> Вариации магнитного потока наибольших пятен в группах в 20-м цикле солнечной активности	79
<i>Кузьменко И.В., Гречнев В.В., Уралов А.М.</i> Оценка массы выбросов в эруптивных событиях по радиоданным	79
<i>Кулагин Е.С.</i> Узкополосные широкоугольные перестраиваемые ступени оптического фильтра на основе двухлучевых интерферометров с полупрозрачными металлическими слоями	80
<i>Кутвицкий В.А., Семикоз В.Б.</i> Степень стабильности потока солнечных нейтрино по данным эксперимента SAGE (1990-2007)	81
<i>Лаптухов А.И., Лаптухов В.А.</i> Новый физический механизм влияния солнечной и геомагнитной активности на климат	82
<i>Лаптухов А.И., Лаптухов В.А., Петров В.Г.</i> Различия температуры воздуха в соседних циклах солнечной активности разной интенсивности	82
<i>Лейко У.М.</i> Особенности циклических изменений общего магнитного поля Солнца в 21-23 циклах	83
<i>Лозицкий В.Г., Шеминова В.А.</i> Сравнительные особенности магнитного расщепления линий FeI 6093.66 и 6094.419 в спектрах солнечных пятен	84
<i>Lozitsky V.G., Staude J., Gordovskyy M.Yu.</i> Problem of interpretation of solar magnetic field observations	85

<i>Лотова Н.А., Владимирский К.В., Обриджо В.Н.</i> Цикл солнечной активности в источниках и потоках солнечного ветра	87
<i>Макаренко Н.Г.</i> Математические аспекты моделирования цифровых изображений	87
<i>Макарова В.В., Пархоменко А.В.</i> Фазы полярного цикла и колебания скорости вращения Солнца	88
<i>Макарова Л.Н., Широков А.В., Николаева В.Д.</i> Вариации магнитного поля солнечного ветра в последних циклах солнечной активности	89
<i>Машинич Г.П., Баширицев В.С., Хлыстова А.И.</i> Динамика движений в спокойных солнечных волокнах	90
<i>Мельников В.Ф.</i> Микроволновая диагностика положения области ускорения и питч-угловой анизотропии ускоренных электронов во вспышечных петлях	90
<i>Мерзляков В.Л.</i> Активность Солнца – начало глобального минимума	91
<i>Милецкий Е.В., Иванов В.Г.</i> Диаграммы бабочек фотосферных магнитных полей в 21-23 циклах солнечной активности	92
<i>Мильков Д.А., Князева И.С., Каримова Л.М.</i> Комплекс программ для оценки скейлинговых, топологических и морфологических характеристик цифровых изображений	92
<i>Miroshnichenko L.I.</i> Solar Cosmic Rays: Recent Results, Arising Problems and New Ideas	93
<i>Моргачев А.С., Поляков В.Е.</i> Влияние теплового тормозного излучения на микроволновый спектр вспышечных петель	94
<i>Мордвинов В.И., Плюснина Л.А.</i> О природе меридионального дрейфа крупномасштабных магнитных полей	95
<i>Мышьяков И.И., Руденко Г.В.</i> Восстановление трехмерной магнитной структуры AR 10930 по методу оптимизации	96
<i>Мягкова И.Н., Панасюк М.И., Денисов Ю.И., Богомолдов А.В., Калегас В.В., Старостин Л.И.</i> Влияние высокоскоростных потоков солнечного ветра на релятивистские электроны внешнего РПЗ в марте-апреле 2009 года по данным прибора «Электрон-М-Песка» (КОРОНАС-ФОТОН)	96
<i>Наговицын Ю.А., Иванов В.Г., Милецкий Е.В.</i> Северо-южная асимметрия пятнообразования на Солнце, диаграммы бабочек и минимум Маундера	97
<i>Наговицын Ю.А., Наговицына Е.Ю.</i> Долгопериодические колебания магнитного поля солнечных пятен: наземные и внеатмосферные наблюдения	98
<i>Наговицын Ю.А., Наговицына Е.Ю., Макарова В.В.</i> Правило Гневывшева-Оля: возможные обобщения	98

<i>Надежкина Н.В., Обухов А.Г.</i> Восстановление радиоизображений Солнца на ССРТ методом проекций на выпуклые замкнутые множества	99
<i>Накаряков В.М., Мягкова И.Н., Фуллон К., Инглис Э.Р.</i> Квазипериодические пульсации гамма-излучения в солнечной вспышке	100
<i>Никольская К.И.</i> Высокоскоростные потоки солнечного ветра 750 ± 50 км/с в полярной внешней и экстра-короне ($r < 10R_{\odot}$) эпохи минимума	101
<i>Обридко В.Н.</i> Крупномасштабная структура магнитного поля и активные долготы	102
<i>Обридко В.Н., Чертопруд В.Е.</i> 23 солнечный цикл в фоновом магнитном поле Солнца	102
<i>Огурцов М.Г.</i> Длинные и сверхдлинные солнечные циклы по данным о концентрации ^{10}Be во льду центральной Гренландии	103
<i>Огурцов М.Г.</i> О возможном влиянии гравитационного поля планет солнечной системы на климат Земли	104
<i>Огурцов М.Г., Наговицын Ю.А.</i> Инструментальные данные о пятнах на Солнце в XVII-XVIII веках — точная информация или приблизительные оценки?	104
<i>Ogurtsov M.G., Sonninen E., Jungner H.</i> Stable isotope ratios in tree rings give evidence for a long-term influence of North Atlantic oscillation on North Finland climate	105
<i>Петерова Н.Г., Топчило Н.А., Борисевич Т.П.</i> Особенности излучения активной области NOAA 10105 в диапазоне линии водорода 3.04 см по наблюдениям на радиотелескопе РАТАН-600	105
<i>Питин В.В.</i> Механизмы солнечного динамо и диаграммы широтно-временной эволюции магнитной спиральности	106
<i>Подгорный А.И., Подгорный И.М.</i> Метод обнаружения токовых слоев в короне перед серией вспышек	107
<i>Подгорный И.М., Подгорный А.И.</i> Физика солнечной вспышки — наблюдательные факты и модели	108
<i>Попявин Д.И., Сильнов С.В.</i> Минимум цикла как предвестник будущей солнечной активности	109
<i>Попова Е.П., Артюшкова М.Е.</i> Моделирование 11-летнего цикла солнечной активности в свете механизма динамо	109
<i>Порфирьева Г.А., Делоне А.Б.</i> Корональные джеты, их свойства и SEP-события	110
<i>Прокудина В.С., Курильчик В.Н.</i> Наблюдения длинноволновых радиовсплесков от солнечных вспышек с гамма-всплесками	111
<i>Просовецкий Д.В., Просовецкая Н.А.</i> Отличия структуры корональных дыр в минимумах двух последних циклов солнечной активности	112

<i>Пятаков Н.П., Горбиков С.П., Мельников В.Ф.</i> Моделирование динамики гиросинхротронного излучения вспышечных петель . . .	113
<i>Пятигорский А.Г., Пятигорский Г.А.</i> Прогнозирование солнечной активности посредством исследования ряда чисел Вольфа месячного разрешения, используя нелинейный регрессионный частотно-временной анализ	114
<i>Рагульская М.В., Пипин В.В., Обриджо В.Н.</i> Нелинейные динамические модели ЭКГ в задаче изучения воздействия космофизических факторов на сердце человека	115
<i>Распопов О.М., Дергачев В.А.</i> Различия в физической природе откликов системы атмосфера-океан на воздействие вариаций солнечной активности различного временного масштаба	116
<i>Резникова В.Э., Мельников В.Ф., Ji Н.</i> Пространственная динамика оснований вспышечной петли	116
<i>Ривин Ю.Р.</i> Генерация в конвективной зоне Солнца двух ~ 11 -летних циклов, обусловленных разными механизмами их образования	117
<i>Ривин Ю.Р.</i> Основные этапы формирования магнитного цикла в конвективной зоне Солнца	119
<i>Родригес Р., Сьерра П., Петерова Н.Г., Борисевич Т.П.</i> О высоте источника циклотронного излучения над пятном по наблюдениям солнечного затмения 1984 г. на Кубе	120
<i>Рощина Е.М., Сарычев А.П.</i> Наблюдаемая последовательность 22-летних циклов пятнообразования на Солнце	121
<i>Семенов В.С., Сасунов Ю.Л.</i> Магнитное пересоединение в солнечном ветре	121
<i>Сизых Т.С., Кашапова Л.К.</i> Применение логарифмически-параболической модели для получения параметров ускоренных частиц по наблюдениям солнечных вспышек в рентгеновском диапазоне	122
<i>Смирнова А.С., Снегирев С.Д., Шейнер О.А.</i> Об усилении долгопериодных пульсаций Н-компоненты магнитного поля Земли перед мощными солнечными вспышками	123
<i>Sokoloff D., Moss D., Saar S.</i> Symmetry properties of solar and stellar magnetic fields	124
<i>Соловьёв А.А.</i> Новые магнитостатические модели солнечных протуберанцев	124
<i>Степанов А.В., Цап Ю.Т.</i> Амбиполярная диффузия и магнитное пересоединение	125
<i>Струминский А.Б., Зимовец И.В.</i> Вспышка 6 декабря 2006 г. как процесс с положительной обратной связью: ускорение и нагрев плазмы	126

<i>Тлатов А.Г.</i> О возможности долгосрочного прогноза солнечной активности	127
<i>Тлатов А.Г., Васильева В.В., Макарова В.В.</i> Методы обработки синоптических наблюдений солнечной активности на Кисловодской солнечной станции	127
<i>Тлатов А.Г., Гусева С.А., Алиев А.Х., Середжинов Р.Т.</i> Методика обработки интенсивности спектральной короны на Горной станции ГАО РАН	128
<i>Тотчук С.Х., Кальтман Т.И., Модин Е.В.</i> Веб-система анализа солнечных данных РАТАН-600	128
<i>Тягул Н.Ф.</i> Асимметрия контуров красной корональной линии	129
<i>Файнштейн В.Г., Цивилева Д.М., Кашапова Л.К.</i> Определение геометрических и кинематических параметров корональных выбросов массы по данным космических аппаратов STEREO	129
<i>Филоненко В.С., Чурюмов К.И.</i> Фотометрическая эволюция комет и солнечная активность	130
<i>Фомичев В.В., Файнштейн С.М., Чернов Г.П.</i> Новый альтернативный механизм зебра-структуры в результате развития взрывной неустойчивости в системе пучок-плазма	131
<i>Цветков Л.И., Цап Ю.Т., Самисько С.А.</i> Компактные радиоисточники в области корональных дыр по микроволновым наблюдениям солнечных затмений	132
<i>Чариков Ю.Е.</i> Высокотемпературный токовый слой на стадии предвестника солнечных вспышек	132
<i>Чариков Ю.Е.</i> Диагностика вспышечной плазмы: современные наблюдения и теория генерации рентгеновского излучения	133
<i>Чариков Ю.Е.</i> Нестационарная кинетика пучка нерелятивистских электронов: расчёт направленности и степени поляризации жёсткого рентгеновского излучения вспышек на Солнце	134
<i>Чариков Ю.Е.</i> Проблема нагрева короны Солнца остаётся	135
<i>Чариков Ю.Е.</i> Рентгеновские джеты на Солнце как индикаторы образования высокотемпературных токовых слоёв	136
<i>Чернетский В.А., Лившиц М.А., Кашапова Л.К., Митрофанов И.Г., Головин Д., Козырев А.С., Литвак М.Л., Санин А.Б., Третьяков В.И., Бойнтон В., Шинохара К., Хамара Д.</i> Наблюдения рентгеновских вспышек 14 июля 2005 года с марсианской и околоземной орбит	137
<i>Шаповалов С.Н., Трошичев О.А.</i> Зависимость «случайных флуктуаций» фототока от изменений солнечной активности	138
<i>Шаповалов С.Н., Трошичев О.А.</i> Оценка роли эвекции в эффекте Эйнштейна	138

<i>Шаповалов С.Н., Трошичев О.А., Широков А.В.</i> Солнечные закономерности в спектре UV атмосферы (Антарктида)	139
<i>Шельтинг Б.Д., Обридко В.Н.</i> Открытые магнитные поля на Солнце и характеристики солнечного ветра у Земли	139
<i>Шеминова В.А.</i> Горизонтальное магнитное поле в области фото-сферной магнитной сетки	140
<i>Шрамко А.Д., Гусева С.А.</i> Морфология солнечных радиовсплесков и их источники	140
<i>Шрамко А.Д., Дормидонтов Д.В., Середжинов Р.Т., Тлатов А.Г.</i> Система управление солнечного оперативного телескопа ГАС	141
<i>Шугай Ю.С.</i> Прогнозирование скорости потоков солнечного ветра в минимуме 23-го солнечного цикла	141
<i>Яковчук О.С., Веселовский И.С., Макаренко Н.Г.</i> Статистические характеристики экстремальных событий в параметрах космической погоды	142
<i>Yasnov L. V., Karlický M.</i> On Spatial Variations of Magnetic Field and Superthermal Electron Distribution in cm-Radio Burst Source	143
Список авторов	144