

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ГЛАВНАЯ (ПУЛКОВСКАЯ) АСТРОНОМИЧЕСКАЯ
ОБСЕРВАТОРИЯ

**СОЛНЕЧНАЯ
И СОЛНЕЧНО-ЗЕМНАЯ ФИЗИКА — 2010**

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

3 – 9 октября 2010 года

Санкт-Петербург
2010

Сборник содержит тезисы докладов, представленных на Всероссийскую ежегодную конференцию по физике Солнца «Солнечная и солнечно-земная физика — 2010» (3 – 9 октября 2010 года, ГАО РАН, Санкт-Петербург). Конференция проводится Главной (Пулковской) астрономической обсерваторией РАН при поддержке секции «Солнце» Научного совета по астрономии РАН и секции «Плазменные процессы в магнитосферах планет, атмосферах Солнца и звезд» Научного совета «Солнце-Земля». Тематика конференции включает в себя широкий круг вопросов по физике солнечной активности и солнечно-земным связям.

ОРГКОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ:

А.В. Степанов (*ГАО РАН, сопредседатель*), В.В. Зайцев (*ИПФ РАН, сопредседатель*), В.М. Богод (*САО РАН*), В.А. Дергачёв (*ФТИ РАН*), Л.М. Зеленый (*ИКИ РАН*), В.Г. Лозицкий (*Украина*), Н.Г. Макаренко (*ГАО РАН*), Ю.А. Наговицын (*ГАО РАН*), В.Н. Обридко (*ИЗМИРАН*), М.И. Панасюк (*НИИЯФ*), О.М. Распопов (*СПбФ ИЗМИРАН*), А.А. Соловьёв (*ГАО РАН*), Д.Д. Соколов (*МГУ*), К. Geogieva (*Болгария*), Н. Jungner (*Финляндия*).

ISSN 0552–5829

© Главная астрономическая обсерватория РАН, 2010 год.

Двухвековое снижение солнечной постоянной ведёт к глубокому похолоданию климата

Абдусаматов Х.И.

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

Изучение вариаций солнечной постоянной [1] показывает, что её компоненты, как 11-летняя, так и двухвековая ускоренно (в настоящее время) уменьшаются с начала 1990-х годов. Среднее значение солнечной постоянной в 23-м цикле было на 0.17 Вт/м^2 меньше, чем в 22-м цикле. Сглаженное значение солнечной постоянной в минимуме между циклами 23/24 было на 0.25 Вт/м^2 и на 0.32 Вт/м^2 меньше, чем в минимумах между циклами 22/23 и 21/22 соответственно. Такое продолжительное снижение солнечной постоянной не компенсируется снижением энергии, излучаемой Землёй, которая остаётся на прежнем завышенном уровне в течение 15 ± 6 лет за счёт термической инерции Мирового океана. Это приведёт к постепенному израсходованию ранее накопленной в Мировом океане солнечной энергии и к последующему снижению глобальной температуры.

В настоящее время скорость снижения величины двухвековой компоненты солнечной постоянной составляет порядка 0.05 Вт/м^2 в год. Исходя из этого мы прогнозируем дальнейшее её снижение до 1364.6 Вт/м^2 , 1363.9 Вт/м^2 и 1363.5 Вт/м^2 в минимумах между циклами 24/25, 25/26 и 26/27 соответственно.

Все предыдущие малые ледниковые периоды (их было 18), установленные за 7500 лет, были обусловлены двухвековыми циклическими снижениями солнечной постоянной (примерно наполовину) совместно с последующими вторичными эффектами (ростом альбедо, снижением концентраций водяного пара и углекислого газа в атмосфере и т.п.), обусловленными обратной связью (примерно наполовину или даже более (в зависимости от продолжительности фазы минимума)). Влияние вторичных эффектов обратной связи порождает дальнейшее лавинообразное снижение температуры, обусловленное повторениями такого причинно-следственного цикла, даже если солнечная постоянная впоследствии останется без изменений.

В 2014–2015-х годах следует ожидать начала эпохи нового 19-го малого ледникового периода за последние 7500 лет и достижения глубокого минимума температуры в 2055–2060-х годах.

[1] www.pmodwrc.ch/pmod.php?topic=tsi/composite/SolarConstant

Влияние на климат Земли вариаций оптических и радиационных характеристик атмосферы

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

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

Изменения климата Земли, которые в глобальном масштабе могут характеризоваться приращениями средних температур земной поверхности (главным образом океана) и атмосферы, определяются вариациями солнечной постоянной и оптических и радиационных свойств земной поверхности и атмосферы.

Нами впервые получены аналитические формулы, с высокой точностью описывающие изменения равновесных температур океана и атмосферы от вариаций исходных параметров: величин альbedo земной поверхности и атмосферы, а также пропускания атмосферы в спектре солнечного излучения и в спектре собственного теплового излучения земной поверхности в окне прозрачности атмосферы.

Показано, что интенсивность теплообмена между океаном и атмосферой, характеризующая конвективно-испарительно-конденсационным и лучистым суммарным коэффициентом теплоотдачи (определяющим результирующий удельный тепловой поток) формирует только уровень температуры атмосферы и слабо влияет на тенденции температурных приращений.

Установлено, что при изменении пропускания атмосферой теплового излучения земной поверхности невозможно сохранение одновременно постоянными температур океана и атмосферы за счет каких-либо изменений альbedo и пропускания атмосферы в спектре солнечного излучения.

Полученные формулы позволяют в наглядном виде анализировать роль состояния атмосферы в формировании климата любой планеты, обладающей атмосферой.

Диагностика климата Земли по пепельному свету Луны

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

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

Мониторинг климата Земли по регистрации пепельного света Луны основан на зависимости эффективной температуры планеты от ее эффективного альbedo (альbedo Бонда). Минимальные погрешности достигаются при мониторинге эффективного альbedo с борта космического аппарата. Важность получения достоверной информации повышает актуальность анализа возможностей данного метода.

Нами получены аналитические формулы, описывающие зависимость характерных температур планеты от изменений эффективного альbedo, альbedo земной поверхности и атмосферы и прозрачности атмосферы для солнечного излучения, а также зависимость изменения регистрируемого потока излучения пепельного света Луны от изменений альbedo.

С использованием данного метода можно отслеживать изменение эффективной температуры планеты, но оценка термодинамических температур земной поверхности и атмосферы несколько затруднена. Ограничения данного метода определяются: большой термической инерционностью океана, трудностями учета обратного влияния температуры поверхности на ее среднее собственное альbedo в связи с приростом снежного и ледяного покрова и др., а также влиянием вариаций альbedo поверхности и альbedo и прозрачности атмосферы на перераспределение поглощаемых ими мощностей солнечного излучения и, соответственно, температур океана и атмосферы.

Мы предлагаем разработку метода и научной аппаратуры мониторинга альbedo Земли по пепельному свету Луны с борта космического аппарата как дополнение планируемых исследований вариаций формы и диаметра Солнца и солнечной постоянной с помощью лимбографа космического базирования СЛ-200, разрабатываемого нами в рамках проекта «Астрометрия». При этом обеспечивается разделение источников долговременных вариаций измеряемых световых потоков на компоненту, обусловленную изменением величины солнечной постоянной, и составляющую, определяемую изменением эффективного альbedo планеты.

Короткопериодические колебания микроволнового излучения солнечных пятен и вспышечная активность

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

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

² Nobeyama Solar Radio Observatory, Minamisaku, Nagano, Japan

Представлены результаты исследования связи характера колебаний радиоиизлучения солнечных пятен с периодами в несколько минут на волне 1.76 см со вспышечной активностью. 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. Показаны различия в спектрах колебаний до и после вспышек, а также во вспышечно-активных областях и активных областях, в которых не происходили вспышки.

Каналы воздействия космофизических факторов на погодно-климатические характеристики

Авакян С.В.

ВНЦ ГОИ им. С.И. Вавилова

Выполнен анализ механизмов воздействия факторов солнечной и геомагнитной активностей на макромасштабные процессы в тропосфере:

- циклогенез,
- теплорадиационный перенос,
- конденсационный механизм с освобождением теплоты пароизации,
- атмосферное электричество.

Сделан вывод, что существуют каналы влияния вариабельности активности Солнца на все нижеатмосферные процессы и это влияние происходит в основном через регулирование теплорадиационного переноса в облачным покровом, включая аэрозольный компонент. При этом, как известно, изменяется уровень приходящей солнечной радиации и величина уходящего теплового потока излучения подстилающей поверхности. Основными факторами воздействия являются отдельно по географическим зонами и/или полушариям:

- в случае циклогенеза, включая устойчивые антициклоны в полярных областях и над материками (в последнем случае, в том числе, ведущие к засухам и т.п. явлениям) при сильных относительных колебаниях солнечной активности;
- в теплорадиационном переносе: генезис оптически тонких облаков, начиная с первых часов после солнечной вспышки и главной фазы геомагнитной бури (за счет генерации микроволнового потока ионосферой во время этих событий) в радиооптическом триггерном механизме солнечно-земных связей, и облаков большой оптической толщины при ионизационном воздействии на нижние слои атмосферы космическими лучами. Оптически тонкие облака как правило являются разогревающими, а толстые облака в большую часть года — охлаждают слой приземного воздуха;
- при работе конденсационного механизма основное влияние оказывают те же факторы: солнечные вспышки, магнитные бури и участник конденсационного процесса — космические лучи;
- в случае атмосферного электричества основной вклад дают изменения ГКЛ, хотя следует учитывать также реальное влияние жесткого электромагнитного компонента мощных вспышек на Солнце, создающего дополнительную ионизацию в нижней ионосфере

Важно, что различные космофизические факторы действуют на различных высотах тропосферы (в отдельных случаях, даже в стратосфере), в разное время после солнечных событий, и имеют сильно отличающиеся длительности воздействия и последствий и, главное, мощность (флюенс). Наибольшее влияние оказывают мировые магнитные бури, суммарная энергия которых свободно достигает энергетики атмосферных процессов, в частности, зональной циркуляции ($\sim 10^{27}$ эрг).

**Активная область NOAA 7123 «глазами» VLA,
РАТАН-600, ССРТ и БПР: расхождение результатов
и его возможные причины**

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

¹ ИСЗФ СО РАН, Иркутск, e-mail: agal@iszf.irk.ru

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

³ САО РАН, Нижний Архыз, e-mail: lvo@sao.ru

⁴ СПбФ САО РАН, Санкт-Петербург, e-mail: peterova@yandex.ru

⁵ СПбГУ, Санкт-Петербург, e-mail: TopchiloNA@yandex.ru

Анализируется уникальный случай наблюдений активной области NOAA 7123 (апрель 1992 г.) на VLA с разрешением $(2-4)''$ на волнах 3.6 и 6.4 см, в результате которых выявлено аномальное преобладание о-моды излучения циклотронного источника над центральной частью основного пятна АО [1]. Аномалия отмечалась только на одной волне 6.4 см и была продолжительной ~ 5 дней.

При сопоставлении результатов [1] с наблюдениями на ССРТ и БПР, опубликованными в [2], обнаружено расхождение между ними: согласно наблюдениям на ССРТ на волне 5.2 см и БПР на волне 6.2 см весь период наблюдений преобладала е-мода излучения циклотронного источника, расположенного над пятном АО 7123. Это подтверждается и наблюдениями на РАТАН-600 на волнах 6.1 и 6.5 см.

Анализ показал, что причина расхождений объясняется тонкой структурой изображения источника циклотронного излучения, которая выявляется при наблюдениях на VLA с разрешением $(2-4)''$. При наблюдениях с более низким разрешением ($> 20''$ — РАТАН, ССРТ, БПР) регистрируется суммарное излучение. Оказалось, что по вкладу в общее излучение преобладала кольцеобразная область, окружавшая центральную часть источника и дававшая избыток е-моды излучения. Предлагается интерпретация результатов наблюдений, аналогичная [1], с той разницей, что причиной аномального разогрева плазмы является квазивспышечная петля с основанием в центре пятна, в отличие от петель, исходящих из полутени, как считали авторы [1].

[1] A. Vourlidas et al. // Ap. J., 1997, v.489, p.403.

[2] Солнечные данные, 1992, № 4.

Угловые и временные вариации потока солнечных нейтрино

Акмаров А.А., Акмаров К.А.

*Удмуртский государственный университет,
физико-энергетический факультет, Ижевск,
e-mail: akmarov@gmail.com*

Современные детекторы нейтрино и телескопы на их основе имеют низкую чувствительность и угловое разрешение. В данной работе представлены экспериментальные результаты измерений интенсивности потоков солнечных нейтрино на небольшом телескопе с нейтрино-электронным взаимодействием на твердотельной основе, что позволило улучшить чувствительность и угловое разрешение.

Обнаружено, что кроме долгопериодических вариаций потока солнечных нейтрино, существуют относительно короткие вариации. Иногда они в десятки раз превышают среднее значение интенсивности потока — это «нейтринные лавины». Они вызваны временным увеличением интенсивности ядерных реакций. Средняя продолжительность нейтринной лавины составляет 3–5 суток. Возможно, что более короткие нейтринные лавины не были зарегистрированы, потому что телескоп включался только по одному часу вблизи прохождения Солнцем северного и южного полюсов эклиптики.

Обнаружено также, что поток не однороден и в пространстве. Большая часть потока в соответствии со Стандартной Солнечной Моделью излучается из центральной области Солнца, но пульсирует с установленным периодом и имеет тенденцию к расширению. Это расширение, в ряде случаев, приводит к временному образованию других излучающих областей [1] и снижению излучения из центра. Наблюдались случаи сильного углового отклонения потока [2], что возможно только при большом магнитном моменте нейтрино и при возникновении больших неоднородных магнитных полей внутри Солнца.

- [1] Ривин Ю.Р. // Тез. докл. конф. «Солнечная и солнечно-земная физика 2008», с.107, ГАО РАН, С-Петербург.
- [2] Акмаров А.А., Акмаров К.А.// Материалы 31 Всероссийской конференции по космическим лучам, МН-7, МГУ, Москва, 2010.

**Влияние вариаций потоков космических лучей
на длительность элементарного
синоптического периода**

Артамонова И.В.¹, Веретененко С.В.²

¹ *Санкт-Петербургский государственный университет,
Санкт-Петербург, e-mail: Artamonova@hotmail.ru*

² *Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе,
Санкт-Петербург, e-mail: SvetaVeretenenko@mail.ru*

Проведено исследование продолжительности элементарных синоптических периодов (ЭСП) по классификации Вангенгейма-Гирса в зависимости от вариаций интенсивности космических лучей солнечного (СКЛ) и галактического (ГКЛ) происхождения. Обнаружено увеличение длительности ЭСП для зональной (W) и меридиональной (C) форм циркуляции и уменьшение длительности ЭСП для восточной формы циркуляции E после всплесков СКЛ с энергией протонов $E > 90$ МэВ. Во время Форбуш-понижений ГКЛ выявлено увеличение длительности ЭСП для меридиональной формы C и уменьшение длительности ЭСП для форм циркуляции W и E. Предположено, что обнаруженные изменения ЭСП обусловлены влиянием исследуемых вариаций космических лучей на процессы регенерации североатлантических циклонов и антициклонов с последующим формированием стационарных блокирующих барических образований над Северной Атлантикой и Европой.

**Пространственно-временное распределение
северо-южной асимметрии солнечной активности**

Бадалян О.Г.

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

По данным о яркости зеленой корональной линии $\lambda 530.3$ нм за 1943–2001 гг исследуется распределение индекса северо-южной асимметрии A ($A = (N - S)/(N + S)$, где N и S — яркость зеленой линии в северном и южном полушариях, соответственно) на поверхности Солнца. Построены синоптические карты индекса A в 784 последовательных кэррингтоновских оборотах. Окончательные результаты представлены в виде кинофильма,

визуализирующего изменение со временем пространственного распределения индекса A . Детальное рассмотрение последовательных карт показывает, что изменение общего распределения индекса A на поверхности Солнца имеет интересную особенность. Широко-долготные области с преобладанием яркости зеленой линии в одном из полушарий через 15–20 оборотов сменяются похожими по форме областями с преобладанием другого полушария, т.е. карта как бы изменяется на негативную. Возможно, в этом проявляются квазидвухлетние вариации в северо-южной асимметрии, ранее исследованные в [1].

- [1] Badalyan O.G., Obridko V.N., Šýkora J.// Solar Phys. 2008, v. 247, p. 379.

Межпятенные микроволновые источники: классификация, механизмы излучения, связь со вспышками

Бакунина И.А.^{1,2}, Мельников В.Ф.^{2,1}

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

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

Наблюдения с высоким пространственным разрешением позволяют выявить помимо пятенных микроволновых источников источники другого типа: «гало» [1], пекулярные источники [2] или NLS-источники, т.е. источники над нейтральной линией радиального магнитного поля [3]. В радиогелиографических наблюдениях пекулярные источники проявляют себя как смещение центров яркости в поляризации и интенсивности по отношению друг к другу, либо как их одновременное смещение от пятен к нейтральной линии магнитного поля или наоборот [4].

В данной работе на основе наблюдений с высоким пространственным разрешением на радиогелиографах NoRH (17 и 34 ГГц) и ССРТ (5.7 ГГц) в 29 активных областях выделены три группы межпятенных источников (МПИ), две из которых связаны с мощными вспышками. Обсуждаются возможные механизмы излучения МПИ на основе исследования карт распределения спектрального индекса для 17–34 ГГц.

- [1] Peterova N. G., Korzhavin A. N. // Bulletin of the Special Astrophysical Observatory, v.44, 1997, p.71.
- [2] Kaltman T. I., Korzhavin A. N., Peterova N. G. // Solar Physics, v.242, Issue 1–2, p.125.
- [3] Uralov A. M., Nakajima H., Zandanov V. G., Grechnev V. V. // Solar Physics, v.197, 2000, p.275.
- [4] Smolkov G. Ya., Uralov A. M., Bakunina I. A. // Geomagnetism and Aeronomy, 2009, v.49, No. 8, p.1101.

**Опыт индикации геомагнитной активности
дендрохронологическими методами на территории
Восточной Сибири**

Балыбина А.С.¹, Караханян А.А.²

¹ *Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск*
e-mail: Balybina@irigs.irk.ru

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

В настоящее время большое внимание уделяется проблеме изменения климата. Наряду с изучением отдельных климатических параметров несомненный интерес представляют комплексные (интегрирующие) характеристики климатических условий. Такими могут являться, в частности годовичные кольца деревьев, выступающие как интеграторы влияния внешних условий. Активные процессы на Солнце создают возмущения в околоземном пространстве, и как следствие, возникают магнитные или геомагнитные бури. Исследование динамики ширины годовичных колец деревьев и вариаций геомагнитной активности, может быть полезно при анализе причинно-следственных связей наблюдаемых климатических изменений. В данной работе проведено исследование динамики ширины годовичных колец хвойных Восточной Сибири и циркуляционных процессов в атмосфере в периоды низкой и высокой геомагнитной активности. Геомагнитное поле представлено планетарными высокоширотными индексами Аа, АЕ и среднеширотным индексом Ap. Выборка величин уровня геомагнитной активности произведена как отклонения среднегодовых значений геомагнитных индексов от среднего значения за рассматриваемый период. Для исследования изменений атмосферных процессов в регионе применена типизация синоптических процессов Б.Л. Дзердзеевского. Проведенный анализ показал, что долговременные изменения прироста годовичных колец хвойных имеют обратную с вариациями геомагнитной активности. При этом эффективность связи ширины годовичных колец хвойных пород деревьев и

циркуляционных процессов в атмосфере меняется от уровня геомагнитной возмущенности. На фоне значений геомагнитной активности выше среднего происходят частые смещения циклонов на территорию Сибири и наблюдается развитие интенсивной циклонической деятельности в атмосфере региона. При этом формируются оптимальные для жизни хвойных пород деревьев гидротермические условия.

Расчет профилей Стокса линий со сложным расщеплением и малым фактором Ланде в спектрах солнечных пятен

Баранов А.В.

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

Линии с малым эффективным фактором Ланде G часто используются для измерений солнечных магнитных полей. Анализ наблюдаемых профилей Стокса круговой поляризации V линий FeI 609.37 (линия 1, $G=0.33$) и 609.44 (линия 2, $G=-0.25$) нм по спектрам солнечных пятен показывает, что V линий в пятнах часто (не всегда!) имеют один знак расщепления. При этом форма V -профилей линии 2 в ряде случаев сильно отличается от обычной формы для спектральных линий. Для анализа эффекта выполнено интегрирование уравнений переноса излучения в линиях. Использована модель пятна Книра, значения магнитного поля H были приняты равными 1500, 2100 и 2600 Э.

Найдено, что форма профилей круговой поляризации линии 2 сильно зависит от температуры и, при определенных условиях, профили линии со сложной структурой расщепления показывают расщепление другого знака. Причина — теоретически рассчитанная структура расщепления соответствует линии излучения. Линия 2 имеет сложное расщепление с компонентами разной интенсивности. Если профили линии заданы формулами Унно – Рачковского, а для самого слабого из компонент линии отношение коэффициента поглощения в нем к коэффициенту поглощения в непрерывном спектре 10 , то измеряемое "солнечное" значение G не отрицательно, а положительно и равно 0.6-0.7. В этом случае кажущийся рост G в 2 раза будет и у линии 1. В работе эти эффекты объяснены для предельных случаев — продольного и поперечного магнитного поля с помощью формул Д.Н. Рачковского (модель атмосферы Милна-Эддингтона).

Работа выполнена при поддержке Программы № 16 Президиума РАН и грантов ДВО РАН 09-I-П7-01, 09-II-СО-2-002, 09-III-A-02-49.

**О величине напряженности магнитного поля
в элементах тонкой структуры солнечной атмосферы**

Баранов А.В., Можаровский С.Г.

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

Нами была предложена модель элемента тонкой структуры факела, описывающая связь напряженности магнитного поля H и эквивалентной ширины линий W . Её особенность — большие температуры и меньшие градиенты температуры по высоте в атмосфере элемента по сравнению с обычными моделями. Здесь для анализа модели использованы решения системы уравнений переноса излучения в спектральных линиях с учетом аномальной дисперсии.

Анализировались площади профилей круговой поляризации линий K , нормированные на площадь профиля круговой поляризации линии FeI 525.35 нм. Величины K сравнивались с теоретически рассчитанными для H в пределах 100–2200 Э. Всего использовалась 21 спектральная линия. Рассмотрены параметры связи величин: $S1$ — среднее отношение рассчитанных и наблюдаемых K , $S2$ — среднеквадратическое отклонение теоретических K от экспериментальных, $S3$ — коэффициенты их корреляции. Подбор модели осуществлялся из тех соображений, что величины $S1$ и $S3$ в ней максимально близки к 1, а $S2$ минимален. Дополнительно принималось, что отношение K линий FeI 525.35 нм и 525.35 нм должно быть близко к наблюдаемому.

Формально, наилучшая связь H и W отмечена при $H=600$ – 800 Э, постоянной по высоте. Учет аномальной дисперсии предполагает изменение модели в сторону некоторого уменьшения температуры. Наименьшие значения $S2$ получены при $H=1500$ Э на нижнем и 1000 Э на верхнем уровне модели. Это соответствует градиенту $dH/dz=-0.9$ Э/км (уменьшение с высотой). С учетом этих результатов модель необходимо скорректировать.

Работа выполнена при поддержке Программы № 16 Президиума РАН и грантов ДВО РАН 09-I-П7-01, 09-II-СО-2-002, 09-III-A-02-49.

Колба Фицроя (штормгласс) как индикатор вариаций космической погоды — новые данные

Барановский Э.А., Таращук В.П., Владимирский Б.М.

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

Обработка ежесуточных наблюдений над раствором колбы Фицроя (штормгласса), проводимых на долговременной основе, полностью подтвердила литературные данные о реакции прибора на локальные метеорологические процессы. В частности, оказалось, что раствор обнаруживает разную динамику измерений при приближении к пункту измерений атмосферных фронтов разного типа. Найдено, что для данных условий наблюдений учет изменений температуры мало влияет на характер вариаций измеряемого параметра (в частности, годовой ход). Обнаружено, что ощутимый вклад в динамику показаний прибора вносит семейство периодов близ 27 суток, среди которых представлен период лунных фаз. Возрастание уровня геомагнитной возмущенности сопровождается усилением кристаллизации, но степень выраженности этого эффекта зависит от сезона и фазы 11-летнего цикла солнечной активности. Найдены интервалы времени порядка нескольких месяцев, в пределах которых наблюдается корреляция регистрируемого показателя с потоком солнечного сантиметрового излучения, что можно трактовать как влияние на состояние раствора параметров ионосферы.

Корреляция наклона частотного спектра и степени поляризации микроволнового излучения вспышечных петель

Баринов А.В.¹, Мельников В.Ф.^{1,2}

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

²*ГАО РАН, Санкт-Петербург*

Задачей данной работы является сравнение динамики наклона частотного спектра и степени поляризации в различных частях солнечных вспышечных петель на основе данных наблюдений радиогелиографа Нобеля для выяснения свойств распределений ускоренных электронов.

В результате проведенного сравнения установлено, что в ряде вспышек параметр альфа, характеризующий поведение спектрального индекса, коррелирует во времени с величиной R, параметром степени поляризации, для

одних участков петли и меняется независимо от P для других участков петли.

Корреляция параметров α и P (уменьшение на фазе роста и увеличение на фазе спада интенсивности микроволнового всплеска) обусловлена вариациями числа накопленных во вспышечной петле энергичных электронов и связанными с ними вариациями оптической толщины гиросинхротронного источника. В работе были промоделированы спектры гиросинхротронного излучения для различных значений оптической толщины. Установлено, что переход от низкой оптической толщины ($\tau_{\text{au}} \ll 1$) к высокой (τ_{au} порядка или больше 1) сопровождается одновременным уменьшением спектрального индекса и степени поляризации гиросинхротронного излучения, и наоборот. Для оптически тонкого источника теория предсказывает практически неизменяющуюся во времени степень поляризации, если энергичные электроны распределены изотропно. Однако, при возникновении питч-угловой анизотропии возможны заметные вариации степени поляризации. Кроме того, на величину оптической толщины влияет множество параметров, среди которых величина магнитного поля, энергетический спектр энергичных электронов и концентрация фоновой плазмы, а значит, и вариация степени поляризации и спектрального индекса так же зависит от этих и других параметров петли.

Динамика спокойного Солнца по данным космической обсерватории SDO

Беневоленская Е.Е.

ГАО РАН

Новые данные космической обсерватории SDO (Solar Dynamics Observatory) позволяют проследить динамику магнитных полей на Солнце с разрешением 1 arcsec с 45 сек временным интервалом. В настоящем докладе приводятся результаты анализа мелкомасштабных магнитных полей, выполненных по изображениям магнитного поля по-лучу-зрения. Наблюдается кластеризация мелкомасштабных структур в крупномасштабные. Обсуждается роль супергрануляционной конвекции в процессе формирования фотосферного магнитного поля Солнца.

Магнитные поля в циклах солнечной активности

Биленко И.А.

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

Солнечные магнитные поля играют важнейшую роль в физике Солнца. Их динамика определяет цикличность изменения всех активных процессов на Солнце. Наблюдаемая картина эволюции солнечных магнитных полей является проявлением физических процессов, происходящих в конвективной зоне Солнца. Поэтому изучение структуры и динамики солнечных магнитных полей имеет важное значение для понимания строения и эволюции внутренних слоев Солнца.

В данной работе рассматривается структура и динамика магнитных полей Солнца различного масштаба на протяжении 21, 22 и 23 циклов солнечной активности. Анализируется широкий спектр солнечных магнитных полей от слабых фоновых фотосферных магнитных полей, униполярных магнитных полей корональных дыр, сильных полей активных областей до крупномасштабных магнитных полей Солнца. Исследуются как широтные, так и долготные особенности их эволюции.

Проводится сопоставление полученных результатов с современными теоретическими представлениями.

Исследование высотной структуры активной области с использованием многоволновых радио наблюдений

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

¹ *Специальная астрофизическая обсерватория РАН, п.Н.Архыз,
e-mail: Vbog@sao.ru*

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

В работе приводятся результаты стереоскопических измерений высотной структуры магнитного поля в активной области NOAA 10956 в период с 16 по 21 мая 2007 г. на уровнях нижней короны Солнца, которые получены на большом числе длин волн. В данном эксперименте использовалось 56 длин волн с частотным разрешением около 1% в диапазоне 6–18 ГГц с одновременной регистрацией интенсивности и поляризации излучения NOAA 10956. Большое количество одновременно используемых волн способствует измерению высотной структуры магнитного поля. Возможные

систематические ошибки привязки профиля высотных измерений устраняются путем сравнения с реконструируемыми магнитными полями в области максимальных напряженностей магнитных полей, то есть полей, измеренных на наиболее коротких длинах волн. Принципиальным отличием предлагаемой методики расчета магнитного поля активных областей является возможность определения геометрической структуры, излучающей в микроволновом диапазоне силовой трубки магнитного поля.

Методом многоволновой стереоскопии анализируются перемещения NOAA 10956 и входящих в нее радиоисточников. Определены высоты расположения пекулярного радиоисточника и их изменения со временем. Проведено сопоставление высот основных радиоисточников данной активной области и составлена ее высотная модель.

[1] Богод В. М., Яснoв Л. В. // Астрофиз. бюллетень, 2009, 64, № 4, 333

Анализ трехмерной структуры гелиосферного токового слоя

Будник А.И., Появлин Д.И.

СПбГУ, Санкт-Петербург, e-mail: alexbudnik@gmail.com

По данным космических аппаратов Ulysses, ACE и STEREO была воссоздана трехмерная структура гелиосферного токового слоя. Для реконструкции использовалась кинематическая модель с учетом дифференциального вращения Солнца. При верификации полученной структуры использовались данные спутников и синоптические карты обсерватории Wilcox. В ходе реконструкции были обработаны и структурированы данные за более, чем 12 летний период. Анализ данных показывает сложность крупномасштабных процессов, а так же позволяет выделить факторы, которые в наибольшей степени влияют на морфологию ГТС на разных масштабах.

Солнечный ветер эпохи минимума — фрактальный анализ

Вальчук Т.Е.

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

Исследование солнечного ветра (СВ) в эпоху текущего минимума солнечной активности (СА) представляет большой интерес с точки зрения классификации потоков. Именно в период минимума преимущественно отсутствуют спорадические явления СА — вспышки, выбросы волокон и корональной массы. Эти явления начинают проявляться в самом начале развития нового 24 солнечного цикла, в 2010 году, поэтому имеется возможность сравнить результаты фрактальных расчетов, характеризующих структуризацию потоков солнечного ветра глубокого минимума (2008–2009 г.г.), с результатами 2010 г., когда проявления спорадической активности стали определенно выраженными. Наличие гелиофизических проявлений: активных областей, магнитных полей на диске Солнца, радиоизлучения и мягкого рентгена, солнечных пятен и корональных дыр — позволяет анализировать источники потоков СВ. Синоптические карты магнитных полей на диске Солнца, поля на поверхности источника, а также карты корональных дыр дополняют анализ, поскольку параметры СВ определяются КА в околоземном космическом пространстве, а гелиопроекция Земли изменяется в течение года на 7° (в весеннее равноденствие — максимум отклонения в S полусферу Солнца, соответственно в осеннее — в N полусферу).

Уровень геомагнитной возмущенности служит дополнительным источником информации о качестве потоков СВ. Геомагнитные индексы (aa, ar, AE и др.) отражают конкретные процессы в магнитосфере, обусловленные его воздействием. Структуризация потоков, находящая отражение во фрактальной размерности, позволяет осуществить разделение потоков на типы, что связано с источниками их генерации на Солнце и трансформацией при прохождении радиального расстояния в 1 а.е. в гелиосфере. В минимуме СА наблюдаются: гелиосферный плазменный слой и особенности вблизи него, высокоскоростные потоки из корональных дыр, области коротации на лидирующем крае высокоскоростных потоков — основная причина магнитосферных возмущений в минимуме СА.

Развитие нового цикла проявляется в СВ околоземного космоса нарастанием спорадических всплесков различной природы. Характерные типы потоков эпохи роста СА выделены с помощью фрактальных оценок. Их радикальные отличия от эпохи минимума позволяют уточнить разделение фаз солнечного цикла.

Тропосферная циркуляция северного полушария в минимуме 23 цикла

Вальчук Т.Е.¹, Кононова Н.К.²

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

² *Институт географии РАН, Москва,
e-mail: NinaKononova@yandex.ru*

Погодно-климатические вариации в начале XXI века претерпели резкое изменение, которое выразилось в преимущественном развитии элементарных циркуляционных механизмов (ЭЦМ), относящихся к типу северной меридиональной циркуляции [1]. В минимуме 23 цикла солнечной активности (СА) эта тенденция отчетливо выражена. Произведенные статистические расчеты подтверждают преобладание ЭЦМ 12 разных подтипов в 2007–2009 г.г., когда проявления спорадической СА минимальны. Циркуляционные эпохи [2] определены в следующих временных границах: 1) меридиональная северная эпоха — 1899–1915 г.г.; 2) зональная эпоха — 1916–1956 г.г.; 3) меридиональная южная эпоха с 1057 г. — по настоящее время. Третья текущая эпоха разделена на периоды: а) 1957–1969 г.г. — преобладание меридиональной северной циркуляции, а с 1963 г. меридиональная южная циркуляция тоже выше средней; б) 1970–1980 г.г. — период повышения продолжительности зональной циркуляции почти до средней величины (в этот период все группы циркуляций близки к средней); в) 1981–1997 г.г. — период быстрого роста продолжительности меридиональной южной циркуляции; г) 1998–2009 г.г. — период уменьшения продолжительности меридиональной южной циркуляции и роста меридиональной северной циркуляции. Последний период приходится на 23 цикл СА, завершающийся глубоким минимумом, по-видимому, связанный с вековым минимумом СА. Смена циркуляционных эпох выражается в изменении характеристик погоды. В настоящее время экстремальные погодные проявления (катастрофические осадки, наводнения, тайфуны, резкие перепады температуры и др.) сопровождают смену тенденции в циркуляции тропосферы. Нарастание СА нового 24 цикла происходит при доминировании [1] северной меридиональной циркуляции.

- [1] Val'chuk T. E., Kononova N. K. // The Tendency to Atmosphere Circulation Epoch Change in the beginning of XXI century. Труды Всероссийская ежегодная конференции по физике Солнца. «Год астрономии: Солнечная и солнечно-земная физика 2009», 5–11 июля 2009, С-Пб, Из-во ГАО РАН, 2009, с.

- [2] Кононова Н. К. //Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б.Л.Дзерзеевскому, редактор Ф. Б. Шмакин. РАН, ИГ РАН, Москва. Воентехиздат. 2009. 372 с.

**О возможных причинах пространственно-временной
изменчивости эффектов солнечной активности
в циркуляции нижней атмосферы**

Веретененко С.В., Огурцов М.Г.

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

Исследована пространственно-временная структура долгопериодных эффектов солнечной активности (СА) и вариаций потока галактических космических лучей (ГКЛ) в циркуляции тропосферы с использованием метеорологических архивов ‘реанализа’ NCEP/NCAR (1948–2005 гг.) и MSLP (1873–2000 гг.). Обнаружено, что изменения давления, наблюдаемые в связи с вариациями СА/ГКЛ, имеют ярко выраженный широтно-региональный характер, определяемый особенностями тропосферной циркуляции в исследуемых регионах. Показано, что пространственная структура наблюдаемых эффектов зависит от характера воздействия СА/ГКЛ на основные элементы крупномасштабной циркуляции атмосферы. Обнаружены периодические (~60 лет) изменения знака корреляции давления в высоких и умеренных широтах с числами Вольфа. Предположено, что временная структура эффектов СА/ГКЛ в вариациях давления обусловлена преобразованиями макроциркуляционного режима атмосферы, которые в свою очередь могут быть связаны с долгопериодными процессами на Солнце.

Периодичности изменения фотосферных магнитных полей разной величины

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

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

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

Проведено исследование изменений фотосферных магнитных полей с использованием синоптических карт за 1976–2003 гг. (Китт Пик). Для северного и южного полушарий Солнца были рассмотрены отдельно положительные и отрицательные магнитные потоки. В зависимости от величины фотосферного магнитного поля проявлялись 11-летняя или 22-летняя цикличности.

Для потоков слабых магнитных полей ($|B| < 10$ Гс) в северном полушарии как для полей положительной полярности, так и для полей отрицательной полярности, а также для их суммы наблюдается только 22-летний цикл. Экстремумы 22-летнего цикла совпадают с минимумами цикла солнечной активности, но находятся в противофазе для потоков положительной и отрицательной полярностей.

Для сильных магнитных полей ($|B| > 100$ Гс) в северном полушарии наблюдается только 11-летний цикл для потоков каждой полярности, но их сумма изменяется с 22-летним периодом. Экстремумы 22-летнего цикла совпадают с максимумами цикла солнечной активности.

Особый интерес представляет временное изменение полного магнитного потока: потоки каждой полярности в северном полушарии изменялись с 11-летним периодом, в то время как сумма потоков изменялась с 22-летним периодом. Аналогичные результаты были получены для южного полушария Солнца.

На основе суперпозиции синоптических карт рассмотрено широтное распределение магнитных полей за весь рассматриваемый интервал времени (1976–2003 гг.). Широтное распределение резко отличается для разных величин магнитного поля: сильные поля сосредоточены в королевской зоне; поля средней величины занимают преимущественно высокие широты; слабые поля избегают королевскую зону и полярные области.

Большие Минимумы солнечной активности и социодинамика культуры

Владимирский Б.М.

*Крымская астрофизическая Обсерватория, Таврический
национальный университет им. В.И. Вернадского*

Индексы творческой продуктивности Ч. Мэррея использованы для проверки вывода С. Эртеля (1996) о глобальном возрастании творческой активности в эпоху Минимума Маундера (1670–1720 гг.). Найдено, что упомянутые индексы для математиков, философов и естествоиспытателей возрастают в эпоху Маундеровского Минимума на множитель 1.6 по сравнению с интервалами той же продолжительности до и после Минимума. Аналогичный эффект получается для математиков и философов суммарно для всех пяти более ранних однотипных Минимумов (множитель 1.9). В подтверждение этой закономерности найдено, что вообще на протяжении всего времени, охваченного анализом (2300 лет), пиковые достижения математиков и философов приходятся на пониженный уровень солнечной активности. Возрастание вероятности появления рациональных идей в эпохи Минимумов находит также отражение и в том, что Большие Минимумы предшествуют возникновению письменности и производящего хозяйства. Из рассмотрения возможных экологических изменений во время Минимумов следует, что физический агент, вероятно стимулирующий работу левого полушария головного мозга в такие эпохи, — глобальные изменения электромагнитного фона в полосе низких — экстремально низких частот (показано, что этот фактор является психотропным агентом широкого диапазона действия).

Гипотеза о формировании полоидального магнитного поля Солнца

Волобуев Д.М.

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

Известно что квантовая супержидкость (quantum superfluid, далее КС) воспроизводится в лаборатории в условиях сверхнизких температур, либо в условиях интенсивной оптической накачки. КС обладает рядом свойств, из которых для нас наиболее интересна способность формировать долгоживущие спиновые кластеры — структуры, обладающие магнитным полем. Существование КС предполагается многими авторами для условий нейтронных звезд, и лишь единицами — для лучистого ядра Солнца.

В данной работе мы предполагаем, что условия существования КС выполняются на границе лучистого ядра Солнца с конвективной зоной и модулируются эндотермической реакцией превращения лития в тритий (период полураспада трития 12.32 года). В этом случае можно ожидать периодического возникновения спиновых кластеров в лучистом ядре под воздействием оптической накачки и магнитного поля кластеров предыдущего цикла. Полоидальная составляющая этих полей может служить «затравкой» для усиления тороидальных полей при помощи омега-динамо в конвективной зоне.

Предложенный механизм дает непосредственную интерпретацию ряду труднообъяснимых фактов в числе которых: формирование крупномасштабного полоидального поля в каждом цикле, большая длительность цикла, удержание магнитной силовой трубки под фотосферой перед всплыванием, локальность фотосферных магнитных полей, низкая температура солнечного пятна.

Моменты минимумов 11-летних циклов в эпоху между глобальными минимумами Шперера и Маундера

Волобуев Д.М., Наговицын Ю.А.

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

Известно что относительное содержание радиоуглерода (^{14}C) в кольцах деревьев косвенно обусловлено изменениями солнечной активности. Уравнение бассейна, которое главным образом отражает диффузию углерода в океане довольно стационарно, но точность измерений ^{14}C не велика и реконструкция 11-летнего цикла остается на грани возможностей современных математических методов. Имея в виду физический механизм образования радиоуглерода в атмосфере, можно ожидать, тем не менее, что эпохи минимумов будут наиболее проявлены в этих данных, т.к. поток космических лучей (прекурсор ^{14}C) в эти эпохи максимален.

В данной работе мы используем метод решения уравнения бассейна с использованием вейвлет-преобразования и метод решения обратной задачи для уравнения диффузии для нахождения моментов минимумов солнечной активности исходя из сравнительно новых данных о содержании ^{14}C опубликованных Miyahara et al. (2003). Полученные результаты интерпретируются с использованием других прокси данных (исторические свидетельства о пятнах, видимых невооруженным глазом и о полярных сияниях)

Восстановление межпланетного магнитного поля по геомагнитным наблюдениям

Возмьянин М.В., Понявин Д.И.

*Санкт-Петербургский Государственный Университет, физический
факультет, кафедра физики Земли, Санкт-Петербург,
e-mail: marianna@geo.phys.spbu.ru*

ММП являясь продолжением в межпланетную среду именно крупномасштабного поля Солнца, образует в эклиптике секторную структуру, хорошо характеризующую глобальные процессы солнечного магнетизма. Таким образом, данные о секторной структуре ММП являются полезным инструментом при анализе глобальных магнитных процессов.

Работа посвящена построению метода восстановления полярности B_y -компоненты ММП (GSM) по геомагнитным наблюдениям полярных станций и базируется на эффекте Свальгаарда-Мансурова. На сегодняшний момент для каждой станции выделено характерное время эффекта и изменение его с течением года. Составлен предварительный метод вычисления фонового поля. Точность метода (% совпадений со спутниковыми среднесуточными значениями B_y (GSM)) составляет $\approx 81\%$ для групп станций Годхавн (78.3° N с 1926 г.) / Ситка (60.4° N с 1905 г.) / Соданкила (64° N с 1914 г.) и $\approx 87\%$ для станций Восток (88.4° S с 1958 г.) / Туле (87.4° N с 1947 г.) / Годхавн / Ситка / Соданкила за период спутниковых наблюдений 1965–2005 гг. В дальнейшем планируется улучшить метод, в частности, сглаживанием ковриков полярности Бартельса, тем самым выделяя крупномасштабные характеристики секторной структуры.

Расчёт нового каталога полярности B_y позволит еще раз проверить и оценить основные закономерности развития крупномасштабной секторной структуры ММП в течение солнечного цикла за период более чем 80 лет.

Gnevyshev gap and Spoerer law

Georgieva K., Kirov B.

*Space and Solar-Terrestrial Research Institute, Bulgarian Academy of
Sciences, e-mail: kgeorg@bas.bg*

Gnevyshev (1963) found that sunspot cycle 19 does not contain one but two waves of activity with different physical properties. During the first maximum, activity increases and subsequently decreases at all latitudes. The second maximum is only observed at low latitudes, but there it is even bigger than the first one. Later (1965, 1967) this observation was extended over

eight sunspot cycles, and the conclusion was reached that the presence of two maxima is property of all sunspot cycles, however, in some cycles the time interval between them, known now as the Gnevyshev gap, is small so that the two peaks merge in latitudinal averages. Further, it was suggested that the apparent equatorward drift of sunspot occurrence (known as the Spoerer law) is not a real phenomena but a result of the superposition of two distinct processes with different but constant latitudes. If this is true, it invalidates not only the Spoerer law but also the flux-transport dynamo theory as a whole because the Spoerer's law is a manifestation of the deep meridional circulation, an important ingredient of the flux-transport dynamo. In the present work we reexamine data and theory and show that the Gnevyshev gap does not contradict the Spoerer law, and that both phenomena are natural consequences of the operation of the flux-transport dynamo.

Геомагнитные джерки и вариации параметров вращения Земли

Горшков В.Л.

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

Низкочастотные составляющие скорости вращения Земли и вариации амплитуды чандлеровского движения полюса (ЧДП) имеют сложный нерегулярный характер, существенно усложняющий идентификацию и исследование возбуждающих их факторов. В работе проведен сравнительный анализ этих вариаций параметров вращения Земли с вековыми вариациями изменения скорости геомагнитного поля, начиная со середины 19 века.

Скорости вековых вариаций геомагнитного поля (SV) определялись по сглаженным среднегодовым обсерваторским данным вектора интенсивности геомагнитного поля Земли. Использованы данные 151 станции с продолжительностью наблюдений горизонтальных и вертикальной составляющих не менее 30 лет. Эти скорости осреднялись по регионально близким станциям с последующим выделением низкочастотной (более 10 лет) составляющей в каждой из компонент вектора интенсивности. По каждой составляющей определялись моменты резкого изменения SV (джерки). Таким образом были выделены как глобальные, так и региональные геомагнитные события внутриземной природы. В свою очередь, по данным наиболее продолжительных рядов параметров вращения Земли с помощью сингулярного спектрального анализа выделены межгодовые вариации продолжительности суток (ПС) и амплитудные и фазовые вариации ЧДП.

В ЧДП помимо основной моды с частотой 0.84 цикл/год выделена группа компонент с близкими частотами в интервале 0.78–0.92 цикл/год, определяющая сложный временной характер амплитудных вариаций ЧДП и составляющая треть мощности этого процесса. Структурные особенности этой нерегулярной компоненты в пределах 1–2 лет согласуются с моментами джерков. Таким образом, возможно, выделена именно та компонента ЧДП, которая отражает в динамике колебаний полюса взаимодействия мантии с ядром. Низкочастотные (декадные) вариаций ПС коррелированы с компонентой SVy для европейских станций. При этом необходимо предположить переменное запаздывание (5–15 лет) между этими процессами, а, следовательно, и переменную проводимость мантии. Следует, однако, заметить, что реально глобальные (синхронные для всех регионов) джерки могут быть отождествлены в эпоху до 1950 года приблизительно с такой же точностью.

Может ли обратная ударная волна возникать в солнечном ветре в магнитослое перед магнитосферой Земли?

Гриб С.А.

ГАО РАН, СПб, 196140, Россия, e-mail: sagrib@gmail.com

Впервые рассматривается возможность возникновения в магнитослое часто наблюдаемой в свободном солнечном ветре обратной магнитогидродинамической быстрой ударной волны. Описывается физический механизм, при котором обратная волна, направленная к Солнцу, может возникнуть из-за нелинейного опрокидывания волны сжатия, отражённой от магнитопаузы при набегании на неё прямой вторичной быстрой волны разрежения. Обратная ударная волна при взаимодействии с тылом головной ударной волны будет непосредственно влиять на фронт головной волны, заставляя его двигаться от магнитосферы Земли. Указывается на наличие множества непосредственных экспериментальных данных, говорящих о возникновении такого рода движения головной ударной волны. При численном расчёте учитывается поперечная компонента магнитного поля и параметры, характеризующие стационарный поток солнечного ветра, обтекающий магнитосферу Земли. Обращается внимание на важность полученных результатов для выяснения физической картины нелинейных волновых взаимодействий, возникающих во время внезапного сжатия и последующего разрежения планетарной магнитосферы при SSC.

Работа осуществлялась в рамках программы ОФН-15 и при частичной поддержке грантом РФФИ 08-01-00-191.

Северо-южная асимметрия площадей солнечных пятен и солнечно-земные связи

Давыдов В.В.

*Пулковская обсерватория, С.-Петербург, горно-астрономическая
станция, Кисловодск, e-mail: davale@rambler.ru*

Данные по межполушарной асимметрии в площадях солнечных пятен (северо-южная асимметрия) являются, возможно, реальным свидетельством солнечно-земных связей. В работе обсуждаются причинно-следственные связи асимметрий солнечной активности с геофизическими (годовые данные), а также метеорологическими параметрами (усреднение по месяцу) в 20-м веке на основе кросс-вейвлет анализа.

Изменение климата, естественные факторы и человеческая активность

Дергачев В.А.

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

Глобальное потепление является проблемой, которая привлекает большое общественное, законодательное, государственное и международное внимание. За последнее столетие в изменении приземной температуры воздуха Земли прослежен положительный тренд. Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) отмечает, что из 12 последних лет одиннадцать принадлежат к числу 12 самых теплых в среднем по Земному шару, начиная с 1850 г. Неопределенности в величине и последствиях глобального потепления вызывают значительное разногласие среди правительств и среди их граждан, не говоря об учёных. Общий глобальный комментарий больших дебатов по изменению климата в рамках МГЭИК (а комиссия работает уже 20 лет) откровенно вводит в заблуждение. Согласно объединению ученых климатологов и многих тех, кто принимает решения в рамках МГЭИК, главными причинами изменяющего климата являются парниковые газы и человечество. Доклады МГЭИК подаются как модель научного единодушия, к которому наконец-то пришли вместе тысячи ученых всего мира, чтобы представить наиболее детальный взгляд на самый известный из когда-либо существовавших отдельных научных предметов обсуждения.

Широкое использование моделей климата часто становится бесполезным из-за неопределенностей многих характеристик климатической системы и оцениваемых параметров, получаемых из косвенных данных, которые включаются в рассмотрение. В целом, земная климатическая система слишком сложна, со многими неизвестными драйверами, контролирующими тот или иной процесс и обратными связями, чтобы позволить нам полагаться на модели. К сожалению, нет заслуживающей доверия теории климата. Понимание возможных причин изменения климата получило большое внимание исследователей в течение последних двух десятилетий. Увеличивается число детальных данных, свидетельствующих о связи солнечной и климатической изменчивости на различных временных шкалах. Поскольку относительно малые вариации полного солнечного излучения, по всей видимости, недостаточны, чтобы объяснить солнечно-земные связи, требуется своего рода усилитель СА. Таким усилителем могут быть космические лучи.

В работе рассмотрены возможные физические механизмы влияния космических лучей на климат. Основной упор сделан на анализ данных по изменению климата, геомагнитного поля и космических лучей, полученных из различных природных архивов.

Морфология субвспышек по изображениям аппаратов STEREO

Дивлекеев М.И.

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

Рассматриваются временные вариации структуры активных областей, вызванные субвспышками. В работе использованы изображения диска Солнца в вакуумном ультрафиолете, полученные аппаратами STEREO. Наличие вспышек определялось по временному профилю интегрального потока рентгена в диапазоне 1–8 Å, регистрируемому спутником GOES. Изучены события кратковременные — импульсные и длительные — медленные. Показано, что короткие вспышки происходят, в основном, в одиночных жгутах (петлях), а длительные — характеризуются участием нескольких жгутов, яркость которых усиливается последовательно. Это согласуется с модельными расчётами вспышек. На основании результатов исследования нескольких субвспышек можно предположить, что источник, ответственный за излучение жгутов, находится в хромосфере или ниже.

Изменения размеров групп пятен в ходе солнечного цикла и на большой шкале времени

Ерофеев Д.В., Ерофеева А.В.

Уссурийская астрофизическая обсерватория ДВО РАН, Приморский край, Горнотаежное, e-mail: erofeev@utl.ru

По ежедневным фотогелиограммам Уссурийской астрофизической обсерватории определены размеры групп пятен, наблюдавшихся с 1956 по 2009 г. Размеры d определялись как расстояния между главными пятнами в ведущей и хвостовой частях групп, в случае сложных групп — как расстояния между средними положениями пятен в их ведущей и хвостовой частях. Исследовались эволюция среднегодовых размеров групп пятен и изменения от цикла к циклу статистической зависимости, связывающей размеры d и максимальные наблюдаемые площади пятен в группах S .

Обнаружено, что средние размеры групп пятен претерпевают систематические изменения трех типов: вариации с периодом солнечного цикла (11 лет), причем наименьшие значения d наблюдаются в периоды минимумов активности; вариации с характерным временем $\simeq 5$ лет, выражающиеся в бимодальности зависимости d от времени в пределах одного солнечного цикла, причем наибольшие размеры групп наблюдаются, как правило, на фазе спада активности; долговременные вариации, происходящие на временной шкале, равной или превышающей длину использованного ряда данных (54 г.). Последние выглядят как положительный тренд d в циклах 20–23. Недавно закончившийся 23-й цикл активности был экстремальным по средним размерам групп пятен и необычным по характеру их изменения в ходе цикла (отсутствовал максимум d на фазе спада активности).

Статистическая связь между размерами групп d и максимальными площадями пятен в группах S для 54-летнего набора данных хорошо описывается степенной зависимостью $d(S) = 1.97S^{0.23}$. Однако фактически зависимость $d(S)$ нестационарна как на большой временной шкале, так и в пределах одного цикла активности. Исследование показало, что 5-летние и долговременные вариации размеров групп пятен связаны, в основном, именно с изменением зависимости $d(S)$, тогда как 11-летние вариации d являются следствием уменьшения доли групп с большими площадями в периоды низкой активности.

**Законы для солнечного ветра, справедливые на любой
фазе цикла солнечной активности, как один из итогов
Ассамблеи COSPAR 2010**

Еселевич В.Г.

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

Существование законов солнечного ветра, справедливых на любой фазе цикла солнечной активности, является одним из важных выводов, которые можно сделать по результатам прошедшей Ассамблеи COSPAR 2010. Большая часть этих законов была установлена в 80–90-х годах прошлого века. Но потом, под давлением огромного количества статических исследований, которые в той или иной мере нивелировали эти важные результаты, во многом, были забыты. Однако, благодаря информации, полученной на космическом аппарате SOHO, и затем на аппаратах STEREO, а также применению методов моделирования физических процессов, разработанных в последние 10–15 лет, появилась возможность, более четко сформулировать эти законы. Их выполнение можно было наблюдать в течение нескольких прошедших циклов солнечной активности. В данном докладе сделана попытка сформулировать список таких законов, который, скорее всего, не является полным, а также отметить их первых авторов. Цель формулировки заключается в том, чтобы стимулировать переход к качественно новым методам исследования солнечного ветра, а именно: от преимущественно статистических к анализу отдельных событий. Другими словами, факт существования таких законов стимулирует необходимость поиска причин отклонения от них в каждом индивидуальном случае.

Некоторые особенности в развитии возмущенной зоны и ударной волны впереди коронального выброса массы

Еселевич М.В., Еселевич В.Г.

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

На основе анализа события 4 января 2002 г. показано, что при движении СМЕ от Солнца в результате взаимодействия с окружающим СВ перед фронтальной структурой СМЕ формируется возмущенная зона. Размер этой зоны, а также масса плазмы и интенсивность хаотических колебаний массы в зоне, оказываются наибольшими в направлении оси распространения СМЕ и уменьшаются при отклонении от этой оси, достигая минимальных значений в перпендикулярных к ней направлениях. Исследовались условия формирования ударной волны впереди СМЕ вдоль оси его распространения и перпендикулярно к ней. Если принять, что скорость движения центра СМЕ (V_C) и скорость невозмущенного СВ (V_{SW}) направлены радиально, условие формирования ударного фронта определяется выполнением локального соотношением: $u(\alpha) \approx V_{exp} + (V_C - V_{SW}) \cos \alpha > V_A$. Здесь: V_{exp} — скорость расширения СМЕ относительно его центра; V_C — скорость движения центра СМЕ в радиальном направлении; α — угол между осью распространения СМЕ и прямой, проведенной из его центра.

Новые результаты исследований колебаний солнечного пятна как целого полученные по данным MDI(SOHO) и HMI(SDO)

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

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

Для длинных (до 144 часов) серий магнитограмм получены следующие результаты:

1. Предельной низкочастотной модой колебаний магнитного поля солнечного пятна как целого является мода с периодом 800 -1300 минут. Ее период существенно и нелинейным образом зависит от величины магнитного поля пятна.

2. Кроме предельной моды в колебательных спектрах пятен выявляются и более высокие моды в полосах 40–45, 60–80, 135–170, 220–250, 480–520 минут, причем мощность колебаний в этих полосах монотонно и быстро падает к малым периодам, что характерно для обертонов, возникающих вследствие нелинейного характера колебаний.

3 Предельная колебательная мода устойчиво существует в пятнах на протяжении 1.5–2 суток, что совпадает со средним временем жизни ячейки супергранулы. Наблюдаемая в спектре мощности мода с периодом около 35–48 часов не является собственной, поскольку ее период не зависит от величины магнитного поля. Она, вероятно, может рассматриваться как квазипериод внешней возбуждающей силы, обусловленной динамическими возмущениями пятна со стороны окружающих его ячеек супергрануляции.

Об эффекте сильного возрастания электрического тока в корональных магнитных петлях во время солнечных вспышек

Зайцев В.В.¹, Кислякова К.Г.¹, Алтынцева А.Т.²,
Мешалкина Н.С.²

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

²Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск

Исследованы записи микроволнового излучения трех вспышечных процессов, происшедших в корональных магнитных петлях. Анализ низкочастотной модуляции методом Вигнера-Вилля показал, что на предвспышечной стадии в петле существуют квазистационарные колебания с частотой $\nu \approx 0.005$ Гц (соответствующий период $T \approx 200$ с), которые не могут быть объяснены собственными колебаниями петли как МГД-резонатора. Мы предполагаем, что источником модуляции в данном случае являются колебания корональной магнитной петли как эквивалентного электрического контура. Частота колебаний в этом случае зависит от величины электрического тока, текущего вдоль магнитной петли. Наши оценки для трех различных вспышек показали, что модуляция микроволнового излучения с частотой $\nu \approx 0.005$ Гц на предвспышечной фазе возникает при величине тока в корональной магнитной петле $I_0 \approx 10^{10}$ Л, $I_0 \approx 10^{10}$ Л, и $I_0 \approx 5 \cdot 10^{10}$ Л. Приблизительно за 50 с до начала вспышки частота модуляции относительно быстро возрастает от 0.005 Гц до 0.035 Гц, т.е. в 7 раз. Следовательно, во столько же раз возрастает электрический ток, протекающий в корональной магнитной петле. Характерное время нарастания тока составляет около 100 с, причем на заключительной стадии характерное время нарастания уменьшается до 20 с. После достижения максимума частота модуляции и, следовательно, электрический ток уменьшаются до предвспышечного значения за время порядка длительности вспышки

($\tau_f \approx 200$ с). Аналогичная картина наблюдается также для двух вспышек события 2 ноября 1992 года. Обсуждается причина предвспышечного возрастания тока.

Работа частично поддержана грантами РФФИ 08-02-0011-9-а, 09-02-00226-а, а также грантом КД НК-21П Федерального Агентства Образования РФ и грантом № 228319 проекта Earth-Planet-RIFP7.

Наблюдения процессов квазипериодического энерговыведения в солнечных вспышках

Зимовец И.В., Струминский А.Б.

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

Некоторые солнечные вспышки сопровождаются квазипериодическими пульсациями (КПП) нетеплового жесткого рентгеновского и гамма-излучения, свидетельствующими о квазипериодическом характере энерговыведения и ускорения заряженных частиц. Средние периоды таких КПП ограничены масштабом времени от единиц до десятков секунд. КПП с более короткими или более длинными периодами представляются крайне редким исключением из правил. Сам факт существования КПП, а также наличие характерного масштаба времени у их периодов накладывают серьезные ограничения на модели феномена. Однако очевидно, что создание достоверной модели без информации о пространственно-временной эволюции источников КПП и о морфологических свойствах вспышечной области невозможно. Космический аппарат RHESSI, выполняющий наблюдения жесткого рентгеновского и гамма-излучения Солнца с временным и пространственным разрешением ≈ 4 с и $\approx 2.5''$, соответственно, наряду с телескопами УФ и оптического излучения, установленными на космических аппаратах SOHO и TRACE, позволяют получать такую информацию.

В работе представлен анализ данных наблюдений пяти солнечных вспышек, сопровождаемых КПП жесткого рентгеновского излучения в диапазоне энергий $\approx 20 - 200$ кэВ. Результаты исследования являются следующие установленные факты:

1. средний период КПП во вспышках составлял $\approx 16 - 160$ с;
2. установлено, что все вспышки являлись эруптивными событиями, сопровождавшимися КВМ;
3. наблюдалось формирование аркады магнитных петель во вспышечных областях;

4. в одном событии во время испускания КПП удалось наблюдать формирование шлемовидной (каспообразной) структуры из ранее образованной аркады магнитных петель, сопровождавшееся квазивертикальными джетами разогретого вещества;
5. ускорение и/или инжекция электронов происходила в окрестности вершин петель вспышечной аркады;
6. наблюдалось движение источников КПП преимущественно вдоль фотосферной линии инверсии магнитной полярности (ЛИМП) и вспышечных лент – отдельные пульсации испускались из подножий различных петель вспышечной аркады;
7. характерные скорости движения источников составляли $\approx 10\text{--}350 \text{ км с}^{-1}$, что меньше оцененных звуковой и альфвеновской скоростей, а следовательно, и магнитозвуковой скорости, но выше скоростей дрейфа ускоренных электронов вдоль оси вспышечной аркады;

Опираясь на полученные результаты, по всей видимости, из рассмотрения можно исключить триггерные механизмы энерговыведения, основанные на распространении магнитозвуковых возмущений вдоль вспышечной аркады магнитных петель, а также дрейфовые механизмы движения популяций ускоренных и захваченных петлями аркады электронов вдоль ЛИМП. При этом результаты не противоречат идее о неравномерном процессе эрупции вдоль ЛИМП, сопровождающимся последовательным “открыванием” соседних магнитных петель вспышечной аркады с формированием последовательности квазивертикальных токовых слоев и ускорением электронов в них. В данном случае наблюдаемые КПП могут отражать характерную скважность заполнения вспышечной аркады, присущую некоторым активным областям.

О проблеме поляризации солнечного радиоизлучения с зебра-структурой

Злотник Е.Я.¹, Зайцев В.В.¹, Алтынцева А.Т.²

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

²*Институт солнечно-земной физики, Иркутск,*

Обсуждается проблема происхождения поляризации солнечного радиоизлучения с тонкой структурой спектра типа зебра. В рамках плазменного механизма генерации на уровнях двойного плазменного резонанса поляризация радиоизлучения, принимаемого на Земле, обусловлена разной

интенсивностью трансформации плазменных волн в электромагнитное излучение или разными условиями выхода обыкновенных и необыкновенных волн из источника. В слабоанизотропной плазме, которая является источником зебра-структуры с достаточно высокими номерами гармоник s , степень поляризации радиоизлучения на удвоенной плазменной частоте, возникшего в результате комбинационного рассеяния плазменных волн, пропорциональна малому фактору $\omega_B/\omega_p \ll 1$ (где ω_B — электронная гирочастота, ω_p — плазменная частота), и не может быть значительной. Заметная поляризация может возникнуть только в случае, если наблюдаемое радиоизлучение есть результат рассеяния плазменных волн на ионах (в том числе, индуцированного) или слияния их с низкочастотными волнами. В этом случае обыкновенная волна свободно выходит с уровня генерации, а необыкновенная волна попадает в зону затухания и не покидает источник. В результате выходящее радиоизлучение оказывается поляризованным со знаком обыкновенной волны. Рассмотрены различные варианты нелинейного взаимодействия плазменных волн с низкочастотными модами.

Моделирование солнечных циклов импульсами активности

Золотова Н.В., Полявин Д.И.

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

Работа посвящена моделированию геометрии широтно-временного распределения пятен как суперпозиции импульсов активности. Показано, что фазовое и амплитудное рассогласование импульсов в полушариях определяет наклон, гладкость и длину ветвей роста и спада циклов, количество пиков активности в максимуме, величину и форму провала Гневашева. Особое внимание уделяется объяснению длины и формы длинных циклов.

О широтном распределении пятенной активности Солнца

Иванов В.Г., Милецкий Е.В.

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

В работе проведено исследование характера широтного распределения пятен и его зависимости от уровня активности. Материалом для исследования послужили данные расширенного Гринвичского каталога солнечных пятен (1874–2006).

Показано, что распределение групп пятен по широте в данный год может быть приближённо описано нормальным законом с дисперсией, которая линейным образом зависит от уровня активности, характеризуемого числом групп пятен G . Таким образом, с ростом активности увеличиваются размеры зоны пятнообразования по широте, что согласуется с ранее полученными нами результатами [1, 2]. Имеются также небольшие систематические отклонения широтного распределения пятен от нормального: при малой активности распределение несколько шире, чем нормальное, а с её ростом увеличивается асимметрия распределения. В соответствии с полученной зависимостью, с увеличением пятенной активности максимальная широтная плотность числа пятен должна расти медленнее, чем индекс числа пятен G , что согласуется с данными наблюдений.

Полученные закономерности могут быть использованы для построения реалистичной модели солнечной цикличности.

- [1] Е. В. Милецкий и В. Г. Иванов. Широтные характеристики зоны пятнообразования на Солнце и 11-летний цикл солнечной активности // АЖ, 2009, 86, 922 (2009).
- [2] V. G. Ivanov and E. V. Miletsky. Width of Sunspot Generating Zone and Reconstruction of Butterfly Diagram // Solar Physics (2010), submitted.

Роль крупномасштабного магнитного поля Солнца в генерации корональных выбросов массы

Иванов Е.В.

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

В период с 1997 по 2007 гг. по данным каталога КВМ типа гало Гопалсвами исследована связь параметров КВМ со структурой крупномасштабного магнитного поля Солнца на 3-х уровнях солнечной атмосферы: в фотосфере ($1 R$ Солнца), на расстоянии $1.3 R$ радиуса Солнца и на поверхности источника ($2.5 R$ Солнца). В основе анализа лежит предположение о месте возникновения КВМ на уровне $\sim 1.3 R$ Солнца в результате дестабилизации и выброса комплекса корональных арок, связывающих между собой активные области, образующие единый комплекс активности, предшествующим эруптивным нестационарным процессом (вспышкой или эрупцией волокна). Предполагаемое место выброса КВМ — место пересечения магнитной силовой линии, проходящей через вспышку на поверхности фотосферы, с нейтральной линией магнитного поля, проходящей через вершины корональных арок на уровне $1.3 R$ Солнца. В предположении о близости координат места возникновения КВМ на уровне $\sim 1.3 R$ Солнца и поверхности источника ($2.5 R$ Солнца) рассмотрена степень концентрации КВМ к нейтральной линии магнитного поля на поверхности источника (основанию пояса корональных стримеров). Исследована также зависимость средней (за 3 и 6 месяцев) скорости КВМ от коэффициента мультиплетности магнитного поля Солнца, характеризующего структуру крупномасштабного магнитного поля Солнца за 21–23 циклы солнечной активности (1979–1990, 1996–2009 гг.). Обнаружена значительная корреляция величины этой скорости с величиной коэффициента мультиплетности магнитного поля Солнца, определяющего характерный масштаб ячеек структуры крупномасштабного магнитного поля Солнца.

Особенности дифференциального вращения Солнца в 19-23 циклах активности

Итсанов Р.Н., Иванов В.Г.

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

Исследование проводилось на основе обработки данных синоптических карт магнитного поля (м.п.) за 1960–2008 гг., а также в линиях зелёной

короны Fe XIV 5303Å (1954–2003 гг.) и He I 10830Å (1975–2003 гг.). Это дало возможность рассматривать дифференциальное вращение Солнца на разных высотах и солнечные образования разного масштаба на разных высотах его атмосферы. Обработка материала проводилась несколькими способами.

Проведённое исследование показало, что в первом приближении самая крупномасштабная картина вращения Солнца во всех трёх индексах имеет много общего. Существенное различие дифференциального вращения наблюдается в 11-летних циклах: на фазе I, охватывающей время подъёма и максимума цикла, она заметно выше, чем на фазе II — времени спада. С этим связана, в частности, наблюдаемая на фазе II большая скорость вращения на гелиоширотах выше $\pm 40^\circ$. Различается также общая картина вращения в чётных и нечётных циклах. Выявляются особенности во вращении от продолжительности 11-летних циклов и положения их на фазе векового цикла. На меньших масштабах заметно отличие скорости вращения в линии He I от двух других индексов. Проводится обсуждение полученных результатов.

Комплексное исследование вспышечной активности и движения пятен в группах СД 418 и 420 за 1980 год

Ихсанов Р.Н.¹, Прокудина В.С.²

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

² МГУ, ГАИШ, Москва, e-mail: prok@sai.msu.ru

Группы солнечных пятен СД 418+421 и 420 (1980) имеют ряд сходных интересных особенностей. Они были расположены на одной долготе, почти симметрично относительно экватора (соответственно $\phi = -7^\circ$, $L = 298^\circ$ и $\phi = +11^\circ$, $L = 298^\circ$). Обе группы сложные с появлением в них δ -конфигураций. В группах наблюдалось много, в основном небольших, вспышек, среди которых были гомологические и симпатические.

В докладе приводятся результаты комплексного исследования этих групп пятен, основой которого явились: 1) изучение морфологии и собственных движений пятен по фотогелиограммам, полученным на ГАС ГАО РАН, 2) изучение активности в хромосфере над группами пятен и в их окрестностях по H_α -фильтрограммам, полученным на высокогорной станции ГАИШ, 3) напряженности магнитных полей взяты из опубликованных данных. Показано, что поднимающиеся новые магнитные потоки

(магнитные комплексы), особенно крупные, внутри или около группы пятен — сугубо автономны. При взаимодействии их с другими магнитными комплексами и создавшейся определенной магнитной конфигурации в группе возникают вспышки большей или меньшей мощности.

Обсуждаются найденные свойства магнитных комплексов. Предлагается возможное объяснение причины появления гомологических вспышек.

Особенности широтной и долготной эволюции корональных дыр в 11-летних солнечных циклах. II

Ихсанов Р.Н., Тавастшерна К.С.

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

На основе каталога, составленного Тавастшерна и Тлатовым за период 1975–2003 гг., продолжено исследование широтного и долготного распределения корональных дыр (КД) в 11-летнем солнечном цикле.

Проведено сравнение эволюции КД с пространственно-временным распределением других проявлений солнечной активности: зеленой короны, высоко- и низкоширотных факелов, солнечных пятен и $H\alpha$ волокон. Показано, что КД вносят существенное дополнение в понимание циклической эволюции магнитного поля Солнца. Крупные КД ($S > 5000$ мдп) показывают подъем со средних широт в высокие, в то время как другая ветвь опускается с высоких широт в низкие, образуя границу между старым и новым 11-летним циклами активности. Мелкие КД ($S < 3000$ мдп) в своей эволюции показывают заметное отличие от крупных, в том числе и относительно четных и нечетных циклов. Обсуждается ряд других закономерностей.

Активные явления начального этапа развития текущего 24 цикла солнечной активности

Ишков В.Н.

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

Фаза минимума циклов 23–24, начавшаяся в мае 2005 г., длится уже более 5 лет. С января 2009 г. начался 24 цикл СА, и его развитие идёт беспрецедентно низким темпом. На 20-ый месяц развития текущего солнечного цикла сглаженное число Вольфа едва достигло значения 10. Затяжная эпоха минимума поставила в повестку дня вопросы исследования характеристик солнечных активных явлений и их проявлений в межпланетном пространстве в условиях отсутствия групп пятен даже среднего размера. Запуск солнечной обсерватории SDO позволил с очень высоким пространственным и временным разрешениями начать изучение солнечных вспышек малых средних (16) и больших (2) баллов, выявить предполагавшиеся связи между вспышками и выбросами солнечных волокон. Привлечение наблюдательных данных космических обсерваторий STEREO даёт возможность исследовать вспышечные события с разных точек пространства и получать трёхмерную картину развития событий. За исследуемый период удалось исследовать несколько выбросов гигантских волокон и подойти вплотную к выявлению конкретной картины начала развития событий. Исследования корональных дыр по материалам CDO, SOHO и STEREO дало возможность отождествить границы и выявить «ядра» данных объектов. Вместе с тем необходимо отметить, что развитие текущего солнечного цикла пока не привело к заметному восстановлению величин межпланетного магнитного поля и плотности высокоскоростных потоков от солнечных корональных дыр, что значительно сказывается на их геоэффективности.

Линии нейтрального кислорода в солнечных протуберанцах

Калинин А.А.

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

Теория свечения линий нейтрального кислорода ОI в солнечных протуберанцах [1] пересмотрена с учетом новых данных о сечениях атомных

процессов и спектральном составе излучения Солнца. Построены диагностические диаграммы зависимости интенсивности излучения протуберанца в линиях ОI от физических параметров (температуры, плотности и др.).

[1] Brickhouse N.S., Landman D.A. // *Astrophys.J.*, 1987, v.313, p.463.

Активность К-звёзд с разными скоростями вращения

Кацова М.М.¹, Мишенина Т.В.²

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

²*Астрономическая обсерватория Одесского национального
университета, Одесса, e-mail: tamar@deneb1.odessa.ua*

Существует группа К-звёзд с периодами осевого вращения 30–50 дней, у которых отчетливо выражена циклическая активность в фотосфере, хромосфере и короне. Активность быстро вращающихся К-звёзд изучена не столь детально. Здесь рассматривается две К-звезды с периодами около 7 дней в составе двойной системы OU Gem. Осевое вращение компонентов этой двойной системы синхронизовано с орбитальным движением. Спектры получены на эшелле-спектрографе в фокусе кудэ 1.93-м телескопа Обсерватории Верхнего Прованса (Франция). Детально изучено поведение линий H и K CaII и кратко обсуждаются характеристики бальмеровских линий и непрерывного оптического излучения. Спектральное разрешение $R=75000$ позволило отдельно исследовать хромосферную эмиссию каждой звезды. Выявлены высокие уровни хромосферной активности каждой из звёзд, причём более горячая звезда K2 обладает более высокой активностью, чем звезда K5. Обнаружена отчетливая зависимость хромосферной эмиссии от фазы орбитального движения. Это свидетельствует о существовании выраженной активной долготы в хромосфере. Комплексное изучение этой системы показывает, что степень запятненности поверхности достаточно велика и достигает 10%, но пятна расположены хаотически. Уровень корональной активности на три порядка превышает солнечный в эпоху максимума. Таким образом, у быстро вращающихся К-звёзд выявлен тип активности, отличный от того, что наблюдается на Солнце и других звёздах с циклами. В этом контексте обсуждается возможная роль локальных и крупномасштабных магнитных полей в формировании активности, вероятная работа динамо механизма на двух уровнях — под фотосферой и вблизи нижней границы конвективной зоны.

Space weather and its effects on spacecraft charging

Kirov B., Georgieva K.

Space and Solar-Terrestrial Research Institute, Bulgarian Academy of Sciences

Space and Solar-Terrestrial Research Institute, Bulgarian Academy of Sciences Studies on the spacecraft charging began after several occasions of anomalous behavior of satellites in the early 1970s, and especially after the loss of the US military satellite DSCS-9431 in 1973. What mainly determines the spacecraft charging and therefore the safe operation of the electronic devices in space is the space weather. Space weather processes can include changes in the interplanetary magnetic field, interplanetary plasma parameters like plasma speed, density and temperature, and disturbances in the Earth's magnetic field. All these changes have their origin in processes occurring on the Sun. Here we summarize the results of previous investigations on the effects of different solar drivers on spacecraft charging, and present the future experiment aboard the Russian segment of the International Space Station for studying the effects of space weather on spacecraft charging.

Индекс рекуррентной асимметрии пятнообразования полушарий Солнца

Киселев В.Б.¹, Киселев Б.В.²

¹ *Санкт-Петербургский государственный университет
информационных технологий, механики и оптики,
e-mail: shiko@impsoft.spb.ru*

² *Санкт-Петербургский государственный университет,
e-mail: kiselev_bv@mail.ru*

Рассматривается задача асимметрии пятнообразования в полушариях Солнца с точки зрения рекуррентного анализа [1]. Предложен индекс рекуррентной асимметрии RR_{NA} , основанный на количественной оценке эволюции расхождений рекуррентных портретов индексов пятнообразования каждого из полушарий относительно Солнца в целом. Показывается отличие предлагаемого индекса от известных: введенного Ньютоном и Милсом в 1955-м году классического NA [2] и основанного на количественной оценке кросс-рекуррентной диаграммы LOS (предложен Н. Золотовой) [3]. Описаны четыре зоны асимметрии, дана оценка их продолжительности.

- [1] N. Marwan, M. C. Romano, M. Thiel, J. Kurths. Recurrence plots for the analysis of complex systems // *Physics Reports*. — 2007. — № 438. — С. 237–329
- [2] Newton H.W., Milsom A.S. Note on the observed differences in spottedness of the sun's northern and southern hemispheres // *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. — 1955. — № 115. — С. 398–404
- [3] Zolotova N.V., Ponyavin D.I. Synchronization in Sunspot Indices in the Two Hemispheres // *Solar Physics*. — 2007. — № 243 (2). — С. 193–203

Гистерезис в динамо и глобальные минимумы солнечной активности

Кичатинов Л.Л.^{1,2}, Олемской С.В.¹

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

²*Главная астрономическая обсерватория РАН, Пулково*

Нелинейная модель динамо, в которой учитывается зависимость турбулентной диффузии от магнитного поля, показывает явление гистерезиса. В определенном интервале значений динамо-числа возможны два решения — затухающие колебания слабых полей и магнитные циклы с постоянной и большой амплитудой, устанавливающиеся в зависимости от начальных условий. Флуктуации параметров динамо приводят к переходам между этими режимами, и расчеты показывают перемежаемость магнитных циклов относительно большой амплитуды с эпохами слабых магнитных полей. Такое поведение может служить моделью глобальных минимумов солнечной активности, подобных известному минимуму Маундера. Предлагаемая модель предсказывает, что глобальные минимумы активности должны возникать только на медленно вращающихся (старых) звездах.

**Комплексный анализ крупного солнечного события
23 июля 2002 года: модель источника
частиц высоких энергий**

***Кичигин Г.Н.¹, Мирошниченко Л.И.², Сидоров В.И.^{1,3},
Язев С.А.^{1,3}***

¹*Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск,
e-mail: yamari@yandex.ru*

²*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения
радиоволн РАН, г. Троицк,*

³*Астрономическая обсерватория ИГУ, г. Иркутск
e-mail: yamari@yandex.ru*

Солнечное событие 23 июля 2002 г., включавшее вспышку балла X4.8/2B и быстрый выброс коронального вещества (ВКВ) типа «гало», отличалось рядом наблюдательных особенностей, которые пока не удалось однозначно объяснить в рамках существующих моделей магнитной топологии, генерации ускоренных частиц и энергетики вспышечных событий. Поэтому представляется необходимым новый комплексный анализ данных наблюдений с учётом гелиокоординат вспышки (неблагоприятные условия наблюдения в южном полушарии вблизи восточного лимба), асимметрии магнитных структур как вспышки, так и ВКВ, а также их динамики вблизи/вдали от источников излучений в разных диапазонах длин волн.

В данной работе предполагается множественность процессов ускорения, применяются различные модели плотности плазмы в областях ускорения частиц и в областях генерации вторичных нейтронов и гамма-излучения в линии 2.223 МэВ. В частности, мы обращаем внимание на возможные изменения показателя спектра ускоренных частиц в течение вспышки, необычные отношения флюенсов разных гамма-линий возбуждения, противоречия в интерпретации свойств линии 2.223 МэВ (положение источника, задержка излучения относительно линий возбуждения).

Проведенный анализ позволяет предложить новую модель источника частиц высоких энергий, основанную на механизме ускорения частиц (ионов) вихревым электрическим полем вблизи расширенной вершины эруптирующей корональной петли ВКВ до энергий 10–100 МэВ, причем имеющих достаточно мягкий спектр (дифференциальный показатель не менее 4–5). Дрейф ускоренных ионов к основанию эруптирующей арки приводит к их удержанию в пробкотроне над сильным магнитным полем пятна, и создает источник быстрых нейтронов с преобладающим распределением скоростей по касательной к фотосфере. Последнее существенным образом влияет на параметры гамма-источника в линии 2.223 МэВ, имеющего, согласно модели, явно выраженную торообразную диаграмму

направленности. Источник гамма-излучения в линиях возбуждения может иметь аналогичные особенности.

Режимы нагрева и «испарения» плазмы во время солнечной вспышки 05.07.2009

***Ковалев В.А., Вальчук Т.Е., Ишков В.Н.¹,
Костюченко И.Г.², Савченко М.И., Чариков Ю.Е.³***

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

² *Физико-химический институт им. Л.Я. Карпова, Москва,
e-mail: irkost@itep.ru*

³ *Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе, РАН,
Санкт-Петербург, e-mail: yuri.charikov@mail.ioffe.ru*

С целью выяснения характера энерговыделения в солнечных вспышках проанализированы данные ИСЗ КОРОНАС-ФОТОН скорости счета 9 каналов мягкого (SXR) (1.7–16.9 кэВ) и одного жесткого (HXR) канала (>20 кэВ) рентгеновского излучения вспышки 5 июля 2009 г. Рентгеновский класс вспышки C2.7. Излучение выше 25 кэВ не регистрировалось. Дифференциальный метод анализа, предложенный одним из авторов ранее, позволил обнаружить во временных профилях потока SXR, температуры и меры эмиссии ускоренные и замедленные по сравнению с экспоненциальным законом режимы на фазах роста и спада. Нагрев до максимальной температуры $T \sim 17$ МК (450 сек.) двухступенчатый: ускоренный начальный процесс (< 300 сек.) сменяется замедленным. Последующее охлаждение (>450 сек.) также происходит в два этапа: ускоренное (450–500) сек. и замедленное (500–600) сек. Изменения потока во времени синхронны с изменениями температуры вспышечной плазмы T .

Ускоренное возрастание меры эмиссии EM (<400 сек.) сменяется на замедленный рост EM (400–550) сек. Запаздывание максимума EM (550 сек.) относительно максимума T объясняется инерционностью отклика вспышечной плазмы на нагрев магнитной трубки потоками ускоренных частиц, вызывающих «испарение» хромосферы. На доминирующую роль ускоренных частиц в этом процессе указывает наличие HXR с самого начала вспышки. Последующий спад EM также происходит в два этапа: ускоренный (550–600) сек. и замедленный (600–700) сек. Показано, что известный эффект Нойперта, заключающийся в том, что максимум потока HXR совпадает с максимумом производной потока SXR, в случае вспышки 05.07.2009 не имеет места. Однако, обнаружен новый (модифицированный

эффект Нойперта): максимум потока НХР (420 сек.) совпадает с максимумом производной меры эмиссии.

На основе энергетического баланса наблюдаемые эффекты связываются с нелинейным характером процесса нагрева и диссипативных процессов. Ускоренный нагрев (начальная стадия режима с обострением) может быть обеспечен преимущественно объемным источником энерговыделения которого $\sim T^b$, $b > 1$. Переход к замедленному режиму нагрева при неизменном объеме происходит благодаря радиационному охлаждению $\sim -n^2 L(T)$, где $L(T)$ — известная немонотонная функция температуры.

**Долговременные изменения относительной
концентрации радиоуглерода в кольцах деревьев
и эффект Зюсса**

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

¹ Учреждение Российской академии наук Физико-технический
институт им. А.Ф.Иоффе РАН, С.-Петербург,
e-mail: igor.koudriavtsev@mail.ioffe.ru

² Учреждение Российской академии наук Главная (Пулковская)
астрономическая обсерватория РАН, С.-Петербург,

³ University of Helsinki, Finland

Текущие условия в земной атмосфере, ионосфере и в околоземном космическом пространстве определяются целым комплексом факторов, которые контролируются активностью Солнца и состоянием межпланетной среды, что, в свою очередь, оказывает влияние на интенсивность космических лучей, приходящих в атмосферу Земли. Как известно, изотопы С-14 и Ве-10 образуются в атмосфере Земли в результате ядерных реакций, вызываемых галактическими космическими лучами (ГКЛ). Влияние солнечной активности на скорость образования С-14 в атмосфере Земли является общепризнанным фактом. Также установлено, что увеличение содержания углекислого газа в индустриальную эпоху приводит к уменьшению содержания изотопа С-14 в кольцах деревьев (Зюсс-эффект). Таким образом, концентрация изотопа С-14 в кольцах деревьев несет информацию как об изменении интенсивности ГКЛ, так и увеличении концентрации углекислого газа в атмосфере. В работе рассматривается относительная роль этих двух основных факторов, определяющих изменение содержания космогенного изотопа С-14 в кольцах деревьев за последние 200 лет. При этом за основу берутся данные по содержанию изотопов С-14, Ве-10 в природных

архивах высокого временного разрешения и данные по изменению содержания углекислого газа в атмосфере.

Основные результаты наблюдений с Узкополосным перестраиваемым фильтром

Кулагин Е.С.

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

Выполнен многолетний ряд наблюдений с Узкополосным перестраиваемым фильтром, установленным на Горизонтальном солнечном телескопе Пулковской обсерватории. Предварительным монохроматором в фильтре является двойной монохроматор с вычитанием дисперсий, а окончательную полосу пропускания формирует сканирующий интерферометр Фабри-Перо. Фильтр позволяет получать фильтрограммы с уникальными по узости полосами пропускания. Так полуширина полосы пропускания в линии HeI 10830 Å составляла, в разные годы, от 0.24 Å до 0.30 Å. Благодаря узкой полосе пропускания, фильтр позволил применить перспективный метод двумерной (фильтровой) солнечной спектроскопии.

Основными результатами наблюдений являются:

1. впервые получены карты крупномасштабных лучевых скоростей на всем диске Солнца в верхней хромосфере по линии HeI 10830 Å. Показана тесная связь этих скоростей с продольными фотосферными магнитными полями. Так магнитным полям с напряженностью > 100 Гс, соответствует положительные лучевые скорости, независимо от знака поля. Оценки показывают, что 4% от потока массы, поднимающегося в крупномасштабных структурах, достаточно для образования высокоскоростного солнечного ветра. Работа выполнена совместно с Куприяновым В.В.

2. произведено подробное исследование мощной вспышки балла 3В/М7.1 за 23 сентября 1998 года. Исследование показало, что появление и динамика основной эмиссии во вспышке могут быть объяснены инжекцией плазмы в расширяющуюся магнитную аркаду основного пятна активной области. Многие наблюдательные данные позволяют сделать предположение, что инжекция происходила из места, где наблюдалось общее основание абсорбционных арок в линии гелия. Там же наблюдался большой градиент фотосферного магнитного поля. Работа выполнена совместно с Папушевым П.Г. и Чупраковым С.А.

**Особенности квазипериодических пульсаций
микроволнового излучения в пространственно
разнесённых участках солнечной вспышки**

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

¹ ГАО РАН, Санкт-Петербург, e-mail: elenku@bk.ru

² ФГНУ НИРФИ, Нижний Новгород

Исследуются особенности квазипериодических пульсаций (КПП) микроволнового излучения в пространственно разнесённых участках солнечной вспышки 3 июля 2002 г по наблюдениям на радиогелиографе Нобеяма (NoRH). Присутствие КПП с периодами от нескольких до десятков секунд свидетельствует о возможной модуляции эффективности генерации радиоизлучения или самого процесса энерговыделения МГД колебаниями вспыхивающих петель. Анализ тонкой временной структуры микроволнового излучения этой вспышки, проведённый в работе [1], позволил выделить на фазе спада всплеска КПП со спектральным дрейфом в сторону более длинных периодов: от $P \approx 20$ сек до $P \approx 30$ сек. Методами авто-, кросс-корреляционного, периодограммного и вейвлет анализа временных рядов излучения на 17 и 34 ГГц из различных участков вспыхивающей области удалось локализовать в пространстве ранее найденные КПП, уточнить их характеристики и установить взаимосвязи между ними. В частности, получено, что КПП с дрейфом периода широко распространены по всей вспыхивающей области. Вместе с тем, имеются участки с постоянными периодами $P \approx 20$ сек и $P \approx 30$ сек. Установлено, что КПП с $P \approx 30$ сек наблюдаются вблизи центров радиояркости, а $P \approx 20$ сек — на периферии вспыхивающей области. Обсуждается интерпретация полученных закономерностей.

- [1] Kupriyanova E.G., Melnikov V.F., Nakariakov V.M., Shibasaki K. // Solar Phys., 2010, in press.

Особенностях северо-южной асимметрии солнечной активности

Лейко У.М.

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

Цикличность солнечной активности является глобальным процессом, охватывающим все Солнце, и в первом приближении проявляющимся почти одинаково в северном и южном полушариях. В то же время детальные исследования различных индексов солнечной активности по полушариям обнаруживают иногда значительные отличия их временных и пространственных изменений — северо-южную асимметрию солнечной активности. При изучении вышеуказанного явления используется как абсолютный (вычисляется как простая разность индекса в северном и южном полушариях) так и нормированный индексы северо-южной асимметрии.

Общее магнитное поле Солнца (ОМПС), представляющее разницу потоков поверхностного магнитного поля северной и южной полярности, является измеренным абсолютным индексом северо-южной асимметрии. Длина 21 и 22 циклов, определенная по расстоянию между экстремумами циклических кривых модуля ОМПС, равна соответственно 9.8 и 9.5 лет, т.е. короче длины циклов, определенных по числам Вольфа.

Спектральный анализ рядов абсолютного и нормированного индексов северо-южной асимметрии, вычисленного по рядам площади солнечных пятен, обнаружил, что основной цикл абсолютного индекса северо-южной асимметрии равен 8.9 лет, нормированного — 12.1 лет. В спектрах рядов суммарной площади солнечных пятен как по всему диску, так и по северному и южному полушариям, максимальный пик имеет значение 10.6 лет. Полученный результат очевидно можно объяснить фазовым сдвигом активности в северном и южном полушариях.

Создание каталога характеристик групп солнечных пятен за период 1854–1873 гг.

Лепшюков Д.Х., Пархоменко А.В., Тлатов А.Г.

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

На основе зарисовок солнечных пятен по данным каталогов Р. Кэррингтона [1] и Г. Шперера [2] проведена оцифровка изображений солнечных пятен в период 1854–1873 годов. Разработана методика и компьютерная программа для анализа изображений, которая позволяла выделять

пятна, измерять координаты, площади, протяженность и другие параметры, как пятен, так ядер и групп солнечных пятен. На основе этих данных созданы ряды характеристик групп и отдельных солнечных пятен. Выполнен анализ этих данных. В частности установлены скорость вращения солнечной атмосферы, относительная площадь ядер, определен угол наклона магнитной оси солнечных пятен и другие параметры в этот период.

- [1] Carrington R. C. // Observations of the Spots on the Sun from 1853 to 1861 6 made at Redhill, Williams and Norgate, London, 1863.
- [2] Spoerer G. // Beobachtungen von Sonnenflecken, 1862, 1874, 1878, 1880.

Физика постэруптивных аркад: наблюдательный аспект

Лившиц М.А.¹, Кашанова Л.К.²

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

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

Обобщаются результаты работ по изучению постэруптивных аркад. Проведен анализ нестационарных событий на Солнце, включающих в себя вспышки баллов СЗ–МЗ и происходящих в различных точках диска Солнца. Обращается внимание на формирование на спаде вспышек теплового источника микроволнового и рентгеновского излучения. В этих диапазонах (2–12 см и 3–60 кэВ соответственно) для слабого лимбового события 25 января 2007 г оценивается вклад тепловых и нетепловых процессов. Обсуждаются возможное влияние частиц, ускоренных в импульсных эпизодах явлений, на последующее формирование и развитие постэруптивной аркады. В этой связи ставится вопрос об эволюции в ходе вспышки отношения газового давления к магнитному в плазме, заключенной в верхнюю часть арок. Кратко обсуждается роль пятен и взаимосвязь СМЕ и собственно вспышек в достаточно мощных явлениях.

**Сопоставление магнитных полей в слабых солнечных
вспышках, измеренных по линиям
фотосферы и хромосферы**

Лоцицкий В.Г., Андриец Е.С.

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

По эшелльным зееман-спектрограммам, полученным на ГСТ АО КНУ в ортогональных круговых поляризациях, исследованы магнитные поля в четырех солнечных вспышках: 25 июля 1991 г. балла SB, 18 июля 2000 г. рентгеновского балла C1.5, 9 июня 2001 г. балла C1.7 и 28 июля 2004 г. балла C4. Магнитные поля измерялись по хромосферным линиям H-альфа и D1 NaI, а фотосферные — по нескольким линиям металлов (в основном — FeI), включая хорошо известные линии FeI 5250.2, 6301.5 и 6302.5. Магнитные поля определялись различными методами: а) по смещению «центров тяжести» линий (аналог обычных магнитографических измерений), б) по расщеплению бисекторов профилей I+V и I-V и в) на основе использования двухкомпонентной модели магнитного поля, имеющей различные напряженности, ширины линий и факторы заполнения в фоновой и мелкомасштабной компоненте. Найдено, что метод а) для трех вспышек дает примерно одинаковые напряженности в фотосфере и хромосфере, и лишь в одной вспышке (25.07.1991) магнитное поле в хромосфере достоверно сильнее, чем в фотосфере. Именно в последней вспышке расщепление бисекторов профилей I+V и I-V в хромосферных линиях имеет особенности, характерные для неоднородных полей, тогда как в остальных трех вспышках эти особенности отсутствуют. Выполненное моделирование хромосферных полей во вспышке 25.07.1991 показало, что в маломасштабной компоненте магнитное поле в 10–20 раз сильнее, чем фоновое, а профили спектральных линий в 5 раз уже наблюдаемых.

**Антикорреляция магнитных полей, измеренных
в активных протуберанцах по линиям водорода и гелия**

Лозицкий В.Г., Ботыгина О.А.

*Астрономическая обсерватория Киевского национального
университета имени Тараса Шевченко, Киев, Украина;
e-mail: lozitsky@observ.univ.kiev.ua, botygina@ukr.net*

Магнитные поля в активных протуберанцах 24 июля 1999 г. и 12 июля 2004 г. измерялись по линиям водорода (H-альфа) и гелия (D3) по спектрам в круговых поляризациях, полученным на эшелюном спектрографе ГСТ АО КНУ. Данные измерений относятся к высотам 2–12 Мм. Магнитные поля, найденные методом «центров тяжести» профилей, имели в целом различную полярность и достигали 580 Гс по абсолютной величине. Вблизи центров линий напряженность, измеренная по расщеплению бисекторов профилей I+V и I-V, почти всегда была больше, чем в крыльях. В связи с этим определялось также амплитудное поле, найденное в местах максимального расщепления бисекторов, точнее, на уровне интенсивности 0.9. Это давало значения от -700 до +3000 Гс, т.е. гораздо большие, чем по методу «центров тяжести».

Для обоих протуберанцев отмечена интереснейшая зависимость: антикорреляция данных по линиям водорода и гелия. Коэффициент корреляции около -0.4, причем характерно, что: а) примерно в 50% случаев магнитные поля по водороду и гелию имеют противоположную полярность и б) линия регрессии не проходит через точку (0.0). Подобной зависимости для фотосферных полей не отмечалось.

При объяснении этого результата следует учесть, что гелий в протуберанцах светится при более высокой температуре, а водород — при более низкой. Теоретически температура и магнитное поле ведут себя противоположным образом при приближении к оси протуберанца: температура падает, а напряженность магнитного поля — растет (Соловьёв А.А., Астрон. журн., 2010, Т.87, с.93).). Если гелий светится в основном снаружи протуберанца (в его «оплетке»), а водород — внутри, то может возникнуть и антикорреляция данных по магнитному полю. Но... в этой теоретической модели невозможны противоположные магнитные полярности по водороду и гелию.

По-видимому, такие противоположные полярности возможны в модели тонкоструктурного магнитного элемента, предложенной Соловьёвым и Лозицким (Кинематика и физика небес. Тел, 1986, Т.2, № 5, с.80). Это модель слоистого осесимметричного поля, имеющего попеременное чередования различных магнитных полярностей при приближении к оси симметрии структуры. Свечение гелия во внешней зоне структуры, а водорода — в более близкой к его оси, может при наблюдениях дать как разные напряженности, так и магнитные полярности

Аномальные особенности 23-го солнечного цикла

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

¹ *Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В.Пушкова РАН, Троицк
e-mail: nlotova2009@rambler.ru*

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

Работа основана на экспериментальном изучении солнечного ветра методами радиоастрономии вблизи Солнца, $R < 70 R_s$ в период 1987–2009 гг. Новые подходы позволили визуализировать струйную структуру потоков солнечного ветра и изучить их взаимосвязь с источниками в солнечной короне. Полученные данные позволяют воспроизвести сценарий развития беспрецедентной, масштабной аномалии, возникшей в эпоху минимума в ходе 23-го цикла солнечной активности.

Сценарий 24 цикла пятен согласно свойствам 24 полярного цикла

Макарова В.В.

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

В работе описаны основные свойства 24 полярного цикла, который закончился в 2009.8 г. Предлагается прогноз активных процессов на Солнце в 24 цикле пятен.

Моделирование корональных магнитных аркад, способных поддерживать волокно

Манкаева Г.А., Михалев Б.Б.

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

Наблюдения последних лет показывают наличие ярких образований в короне, свидетельствующих о процессах магнитного пересоединения и нагреве корональной плазмы одновременно в нескольких парах точек [1]-[2]. По всей видимости, в данном случае имеются пары нейтральных точек магнитного поля или пара сепараторов, а структура коронального магнитного поля согласуется с моделью квадрупольного типа [3]. При моделировании, с другой стороны, желательно учесть возможность расположения над нейтральными точками волокна, что является довольно распространенным представлением о структуре активных образований. Здесь мы представляем новую двумерную модель коронального магнитного поля, удовлетворяющего этим требованиям,

$$\begin{aligned} B_x &= -B_0(e^{-\lambda x}\sin(y+c) - be^{-3\gamma\lambda x}\sin(3y+c)), \quad b > 0, \quad \gamma \geq 1, \\ B_y &= \lambda B_0(e^{-\lambda x}\cos(y+c) - b\gamma e^{-3\gamma\lambda x}\cos(3y+c)), \quad \lambda = \sqrt{\frac{8}{9\gamma^2-1}}, \\ B_z &= \alpha B_0\left(e^{-\lambda x}\cos(y+c) - \frac{b}{3}e^{-3\gamma\lambda x}\cos(3y+c)\right), \quad \alpha = \sqrt{\frac{9\gamma^2-9}{9\gamma^2-1}}, \end{aligned}$$

где плоскость $x=0$ принимается в качестве фотосферы, а координата x направлена вертикально вверх. Для удобства используются безразмерные координаты, отнесенные к некоторому пространственному масштабу.

При $\gamma=1$ и $c=0$ получается известное квадрупольное поле потенциального типа [3], а при $\gamma>1$ получается бессилое поле, которое можно рассматривать как результат деформации потенциального поля при смещении фотосферного вещества. Величина γ служит параметром, определяющим степень деформации. Можно выделить два состояния деформированного поля с различными топологическими свойствами. Первое имеет место при $1<\gamma<3$, когда конфигурация содержит сепаратор, разделяющий различные магнитные потоки. Второе получается при $\gamma>3$, когда конфигурация содержит семейство цилиндрических магнитных поверхностей, вложенных друг в друга. Линии поля навиваются на эти поверхности подобно винтовым линиям. Конфигурации подобного вида используются в солнечной физике при моделировании волокон и известны под названием модели Куперуса-Рааду [4]. Цилиндрические поверхности могут служить для поддержания плотной плазмы. Под действием плазмы они деформируются, образуя поверхности постоянного газового давления. Само

волокно располагается параллельно фотосфере. Наличие z -составляющей поля имеет здесь значение для определения подходящих значений температуры. Под указанными цилиндрическими поверхностями находится пара сепараторов, которые могут играть важную роль в процессе энерговыделения. Магнитное пересоединение в окрестности сепараторов вполне может привести к образованию пар ярких светящихся точек, упоминавшихся выше. Особую роль в данной модели играет постоянная c , которая отвечает за асимметрию конфигурации и приводит к наклону плоскости волокна к вертикали, что отмечается во многих наблюдениях [4].

Предложенная модель дает возможность последовательного описания процессов формирования волокна в результате фотосферного движения и последующего взрывного энерговыделения, приводящего к нагреву плазмы и эрупции волокна. Важное место в данном исследовании занимает изучение МГД-устойчивости конфигурации и ее связи с параметром γ . В начале процесса деформации конфигурация обладает устойчивостью в силу потенциальности поля. При увеличении γ образуется свободная энергия магнитного поля, и, возможно, при некотором значении $\gamma > 1$ конфигурация теряет устойчивость, приводя к выбросу волокна.

- [1] Yurchyshyn V., Karlicky M., Hu Q. and Wang H. // Solar Phys., 2006, v.235, p.147.
- [2] Xu Y., Jing J., Cao W., and Wang H. // Astrophys.J.Lett., 2010, v.709, p.L142.
- [3] Михалеев Б. Б. // Письма в Астрон. журн., 1986, т.12, № 7, с.546.
- [4] Филиппов Б. П. Эруптивные процессы на Солнце. -М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007.

Особенности токовой системы солнечной короны эпохи минимума

Мерзляков В.Л., Старкова Л.И.

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

Проведен анализ изображений солнечной короны, полученных во время полного солнечного затмения 1 августа 2008 г. В приэкваториальной зоне обнаружены стабильные отклонения плоскости поляризации К-короны от тангенциального направления. Их протяженность составила около 30° по широте с максимальным отклонением $\approx 5^\circ$ на 27° в северной полусфере и 30° в южной, причем в первом случае эта величина оказалась на 10% больше. Отклонение плоскости поляризации меняло знак

на гелиошироте 14.5° , что близко к наклону магнитного экватора по данным обсерватории Stanford. Кроме того, отмечена вариация исследуемой величины по радиусу с максимумами на расстояниях $1.29 R_\odot$ и $\approx 1.8 R_\odot$.

Обнаруженные особенности отклонения плоскости поляризации от тангенциального направления, вероятно, вызваны эффектом высокоскоростных потоков электронов, которые рассеивают фотосферное излучение, формируя эмиссию К-короны [1]. Эти потоки, как полагаем, представляют систему токов, текущих по долготе с некоторым широтным наклоном. Направление токов в разных полусферах различно и линия раздела проходит по магнитному экватору. Такая конфигурация соответствует токовому квадруполью [2]. Наблюдаемые по радиусу пики отклонений могут указывать на высотную фрагментацию токов.

[1] Molodensky M. M. // Solar Phys., 1973, v.28, p.465.

[2] Веселовский И. С. // Солнечно-земная физика, 2004, вып.6, с.119.

Медленные динамические процессы над активной областью

Мерзляков В.Л.

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

Исследована динамика вещества над солнечной активной областью в период малой вариации её магнитного поля. Типичные скорости плазмы для такого периода 1–10 км/с [1] могут быть объяснены электрическим дрейфом при реально малых изменениях магнитной дипольной гармоник $10^{-5} - 10^{-4} \text{ c}^{-1}$. Характер дрейфовых движений вещества существенно зависит от внешних магнитных полей. Обнаружено, что если превалирует поле тока, текущего вдоль нейтральной линии, то создаются плотные динамические слои. При росте дипольного момента формируется куполообразный слой с нисходящими потоками плазмы, а при уменьшении — вещество концентрируется над нейтральной линией с аналогичным направлением движения.

Гидродинамическая неустойчивость потоков плазмы в рассматриваемых плотных образованиях должна приводить к фрагментации слоя на отдельные струи. Высказывается предположение, что такого рода фрагментированные структуры наблюдаются в атмосфере Солнца как корональные петли и спокойные протуберанцы.

[1] Brooks D.H., Warren H.P. // Astrophys. J., 2009, v.703, p.L10.

Тонкая структура широтно-временной эволюции крупномасштабного магнитного поля Солнца

Милецкий Е.В., Иванов В.Г.

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

На основании данных измерений фотосферных солнечных магнитных полей в 21–23 циклах солнечной активности, выполненных в обсерватории Китт-Пик (Kitt Peak), проведено исследование тонкой структуры широтно-временной циклической эволюции крупномасштабного магнитного поля (КМП) Солнца.

Тонкая структура КМП характеризуется зонами повышенной интенсивности поля, разделенных временными интервалами от нескольких месяцев до нескольких лет.

Нами показано, что при усреднении КМП по долготе без учета полярности широтная протяженность получаемых зон может составлять 400 и более. Это является указанием на «общеполушарную» синхронность подобных усиления КМП. При этом широтно-временная эволюция КМП оказывается сходной с эволюцией пятенной активности.

При усреднении КМП по долготе с учетом полярности возникают высокоширотные зоны избытка одного знака над другим, которые, в отличие от упомянутых выше зон повышенной напряжённости поля, демонстрируют широтный дрейф по направлению к полюсам. В фазовых скоростях этого дрейфа выявлена тенденция к уменьшению в эпохи максимумов 11-летних циклов.

Динамика частотного спектра и степени поляризации микроволнового излучения солнечных вспышечных петель

Моргачев А.С.¹, Поляков В.Е.¹, Мельников В.Ф.^{1,2}

¹ ФГНУ НИРФИ, Нижний Новгород, e-mail: polyakov-146q@list.ru

² ГАО РАН, Санкт-Петербург

Данная работа посвящена изучению микроволнового излучения солнечных вспышечных петель, одним из основных механизмов генерации которого, является гиросинхротронный. Основными параметрами гиросинхротронного излучения являются интенсивность, спектральный индекс и степень поляризации.

Целью данной работы является сравнение результатов теоретических моделей, предсказывающих поведение этих параметров с течением времени, с реально наблюдаемой картиной динамики частотного спектра и степени поляризации микроволнового излучения солнечных вспышечных петель.

Были рассмотрены предсказания трех теоретических моделей инжекции электронов: 1. Изотропная инжекция в вершине петли. 2. Изотропная инжекция вблизи одного из оснований вспышечной петли. 3. Анизотропная (с продольной анизотропией) инжекция в области вершины вспышечной петли. При сравнении наблюдаемых временных профилей степени поляризации и спектрального индекса в одном из десяти событий удалось обнаружить сходство динамики исследуемых параметров с теоретическими предсказаниями трех рассмотренных теоретических моделей. В остальных случаях подобного сходства не выявлено.

В целом, проведенное исследование показало, что необходимо более адекватное теоретическое моделирование. Одна из рекомендаций — включение в рассмотрение переменной во времени степени анизотропии инжектируемых электронов.

Долговременные изменения активности Солнца и великие минимумы

Мордвинов А.В.¹, Крамынин А.П.²

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

² *Уссурийская астрофизическая обсерватория ДВО РАН, Уссурийск,
e-mail: kramynin@utl.ru*

Исследованы долговременные изменения активности Солнца, наступление великих минимумов, используя реконструкцию чисел пятен за 11 тысяч лет. Для анализа данных применен метод разложения на эмпирические моды. Изменения магнитной активности Солнца в эпоху Голоцена описываются с помощью восьми эмпирических мод, которые представляют более или менее регулярные циклы активности, чередующиеся с эпохами нерегулярных изменений.

Долговременные изменения активности Солнца проявляются и в наступлении великих минимумов. Сформулирован универсальный критерий для идентификации эпох великих минимумов [1]. Согласно этому критерию наступление великих минимумов определяется соотношением между суммой ~ 100 - и ~ 200 -летних вариаций и изменениями активности на тысячелетней шкале времени. Одним из следствий этого условия является то, что при низком уровне активности происходят серии великих минимумов. Так, минимумы Оорта, Вольфа, Шперера, Маундера имели место при низком уровне активности Солнца и приходились на фазы отрицательных значений 100–200-летней вариации.

В поведении магнитной активности Солнца обнаружены повторяющиеся последовательности изменений, которые, начинаясь с великих минимумов, сменялись постепенным возрастанием уровня активности, относительно которого происходили вековые колебания. После достижения максимума активности, следовало ее быстрое уменьшение до следующего великого минимума.

[1] Mordvinov A. V., Kramynin A. P. // Solar Phys., 2010, v. 264, p. 269.

The effects of different solar drivers on the ionosphere

***Mošna Z.^{1,2}, Koucká Knížová P.¹, Kouba D.^{1,2}, Georgieva K.³,
Kirov B.³***

¹*Institute of Atmospheric Physics, Academy of Sciences, Prague, Czech Republic, e-mail: zbn@ufa.cas.cz, pkn@ufa.cas.cz, kouba@ufa.cas.cz*

²*Charles University, Faculty of Mathematics and Physics, Prague, Czech Republic*

³*Space and Solar–Terrestrial Research Institute at the Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria, e-mail: kgeorg@bas.bg, bkirov@space.bas.bg*

Solar events from years 2004–2010 have been chosen to study their influence on the ionosphere. Unusually prolonged solar minimum gives us opportunity to study demonstration of temporarily increased solar activity on the background of relatively long time of quiet days ([1], [2]). It allows us to concentrate on the event itself without unfavorable interference with other smaller events. The effectiveness of High Speed Solar Streams (HSSs), Coronal Mass Ejections and their subset, Magnetic Clouds (MC) have been analysed by means of the ionospheric parameters. Each group has different ability to affect the ionosphere ([3]). Disturbed days after the events were compared to the quiet days before the events. Strong wave-like oscillations in heights of F-layer accompany all analyzed events. After some events we observe systematic decrease in foF2 and increase in hmF variable in the duration of the effect.

- [1] Mošna Z., Šauli, P., Georgieva, K., Kouba, D. Comparison of HSS and CME Influences on F2-layer based on Storms in October 2005. // Comptes rendus de l'Academie bulgare des sciences, 1999, p.33.
- [2] Mošna Z., Šauli, P., Georgieva, K., Kouba, D. Ionospheric Response to the Particular Solar Event as Seen in the Ionospheric Vertical Sounding. // WDS'09 - Proceedings of Contributed Papers. Part II: Physics of Plasmas and Ionized Media. (eds. J. Safrankova and J. Pavlu), Prague, 2009, p.68.
- [3] Georgieva, K., Kirov, B., Gavrusseva, E. Geoeffectiveness of different solar drivers, and long-term variations of the correlation between sunspot and geomagnetic activity. // Physics and Chemistry of the Earth, 2006, p.81.

**Моделирование гиротронного излучения
солнечной вспышки 2 мая 2007 года с использованием
экстраполяции магнитного поля
в бессловом приближении**

***Мышьяков И.И.¹, Руденко Г.В.², Кашапова Л.К.³,
Мешалкина Н.С.⁴***

Институт Солнечно-Земной Физики, Иркутск

¹*e-mail: ivan_m@iszf.irk.ru*

²*e-mail: rud@iszf.irk.ru*

³*e-mail: lk@iszf.irk.ru*

⁴*e-mail: nata@iszf.irk.ru*

В работе проводится анализ роли топологии магнитного поля в формировании излучения солнечной вспышки 2 мая 2007. Трехмерная структура магнитного поля области AR 10953 восстановлена в бессловом приближении для начала вспышки и спустя несколько часов после её максимума. Проведено сопоставление структуры силовых линий с наблюдениями в УФ и рентгеновском диапазоне. Выявлена высокая степень совпадения конфигурации рассчитанных силовых линий с реальной петельной структурой. Определены параметры магнитного поля во вспышечной петле. Проведена генерация микроволнового гиротронного излучения с использованием данных экстраполяции магнитного поля в бессловом приближении. Полученные значения сопоставляются с наблюдениями NoRH на 17 GHz и микроволновыми спектрами. Обсуждаются полученные результаты.

**Закономерности поведения солнечной активности
на длительной временной шкале**

Наговицын Ю.А.

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

Рассмотрены различные аспекты поведения солнечной активности на длительных временах: особенности ее временных и пространственных вариаций, в том числе в экстремальные эпохи; выполнимость статистических "правил" и "законов" цикличности и их физический контекст; взаимодействие крупномасштабного и пятенного компонентов в процессе генерации глобального магнитного поля. Подчеркнута необходимость детального изучения поведения активности Солнца в прошлом, в частности, для выяснения ее вклада в изменения климата Земли.

**Исправление наблюдаемых среднемесячных чисел
полярных факелов за функцию видимости по данным
четырех обсерваторий**

Наговицын Ю.А.

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

Число полярных факелов NPF является важным индексом активности, характеризующим полярный компонент крупномасштабного магнитного поля Солнца. К сожалению, наблюдаемые среднемесячные значения NPF значительно искажены влиянием функции видимости, происходящей из-за сезонных изменений угла между осью солнечного вращения и картинной плоскостью. Показано, что предположение о нелинейном виде функции видимости, которого избегали предыдущие авторы, позволяет успешно скорректировать этот эффект. Получены ряды исправленных среднемесячных значений NPF для обсерваторий Митака (1951–1998), Кисловодск (1960–2008), Уссурийск (1963–1994) и Кодайканал (1940–1957), которые должны позволить ответить на ряд вопросов о прямых и обратных связях между компонентами глобального магнитного поля Солнца.

**Долгопериодические колебания солнечных пятен
в оптическом и радио диапазонах
по данным SOHO и Nobeyama**

**Наговицын Ю.А., Наговицына Е.Ю.,
Абрамов-Максимов В.Е.**

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

По одновременным наблюдениям SOHO MDI и радиогелиографа Nobeyama с 1-мин временным разрешением произведено сравнительное исследование квазипериодических колебаний (КПК) в активных областях в диапазоне периодов десятки-сотни минут на разных уровнях в солнечной атмосфере. Показано, что во всех трех исследованных случаях напряженный радиоисточник, располагаясь в картинной плоскости на значительном удалении от пятна (до $7 \cdot 10^4$ км) испытывал высокоамплитудные (до 10^4 км) горизонтальные колебания, более чем на порядок превышающие амплитуды КПК в пятнах на уровне фотосферы. Наборы периодов в оптическом и радио диапазонах для горизонтальных мод, напряженности и радиоинтенсивности у одних и тех же пятен в целом соответствуют друг другу. Сравнение временных профилей долгопериодических КПК на

разных уровнях солнечной атмосферы позволило оценить скорость распространения волнового возмущения в переходную область и корону как 30 ± 10 км/с, что соответствует медленным магнито-звуковым волнам, распространяющимся в арочных структурах магнитосферы активной области.

**«Проблема Ливингстона» и длительные изменения
средних физических характеристик солнечных пятен**

Наговицын Ю.А., Рыбак А.Л.

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

На основе Пулковской базы данных магнитных полей солнечных пятен, включающей более чем 40-летние наблюдения по программе «Служба Солнца» в КрАО, ГАО, ИЗМИРАН, ШАО, УрАО, ИМИС, УсАО, выявлены временные изменения средних значений центральной напряженности пятенного поля с циклом активности. Полученные результаты, подтвержденные независимыми данными, не свидетельствуют в пользу заключения Ливингстона (EOS, V.90, No 30, 2009) о резком вековом уменьшении величин магнитного поля пятен с начала 90-х годов прошлого века.

Колебания и волны в короне Солнца

Накаряков В.М.

*Centre for Fusion, Space and Astrophysics, Physics Department,
University of Warwick, Coventry CV4 7AL, United
Kingdom, e-mail: V.Nakariakov@warwick.ac.uk*

Изучение длиннопериодических крупномасштабных колебательных и волновых процессов в короне за последние десять лет стало одним из наиболее быстро развивающихся и важных направлений физики Солнца. Роль магнитогидродинимических (МГД) волн в решении проблем нагрева корональной плазмы и ускорении солнечного ветра до сих пор остается неизвестной. При этом, МГД волны, наблюдаемые в короне с беспрецедентным пространственным и временным разрешением, несут информацию о среде их распространения, что легло в основу диагностики плазмы методом МГД сейсмологии. Особое внимание получили методы диагностики фундаментальных физических параметров короны: напряженности магнитного поля в корональных петлях, поперечной филаментации, характерного масштаба стратификации и термодинамических коэффициентов. Первым инструментом, специально сконструированным для МГД сейсмологии короны, является УФ телескоп the Atmospheric Imaging Assembly на борту выведенной на орбиту в феврале этого года Solar Dynamics Observatory. Кроме того, особым интересом пользуются квази-периодические пульсации энерговыделения во вспышках, что дает возможность установить физические процессы за них ответственные, а так же сверх-длиннопериодические колебания в протуберанцах и в коронах солнечных пятен.

**К вопросу о реконструкции энергетических спектров
ускоренных во время солнечных вспышек электронов,
на основе данных по тормозному
рентгеновскому излучению**

Нахатова Г.Г.¹, Кудрявцев И.В.²

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

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

Современные измерения спектров жесткого рентгеновского излучения солнечных вспышек, производящиеся в ходе космических экспериментов, имеют достаточно большое энергетическое и временное разрешение, что позволяет детально изучать эволюцию спектров электронов, ускоренных во время вспышек. Однако, для этого необходимо решить задачу о реконструкции энергетического распределения электронов исходя из энергетических спектров генерируемого ими тормозного излучения.

В докладе рассматривается метод данной реконструкции на основе решения интегральных уравнений. Проведены модельные расчеты для различных видов спектров и показано, что рассмотренный метод обладает достаточной точностью для нахождения энергетических распределений электронов, ускоренных во время солнечных вспышек, и позволяет исследовать временную эволюцию данных распределений в ходе развития вспышек.

Работа выполнена при поддержке Программы ОФН РАН «Плазменные процессы в солнечной системе» (VI-15).

Агент солнечно-земных связей

Никулин И.Ф.

ГАИШ МГУ

Приведены аргументы в обоснование гипотезы об электрическом заряде как агенте солнечно-земных связей. Описан эксперимент по исследованию вариаций этого заряда с помощью прибора типа кулоновских электрических весов и обнаружения при этом явления электрических бурь. Исследована реакция прибора на солнечные вспышки и выбросы плазмы. Даны примеры предполагаемых аналогий регистрации этого физического параметра в прошлом.

Корональные проборы как элемент крупномасштабной структуры атмосферы Солнца

Никулин И. Ф.

ГАИШ МГУ

Даны общие сведения о корональных проборах, их структуре и динамике развития, об их родственных связях и различиях с корональными дырами. Приведены особенности структуры корональных проборов в различных спектральных линиях, представляющих различные геометрические уровни и температурные диапазоны. Подчеркнута роль корональных проборов в иерархии солнечных крупномасштабных структур как в короне, так и в распределении фотосферных магнитных полей.

Временная эволюция статистических закономерностей пятнообразовательной деятельности Солнца

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*

Проведено исследование проявления основных статистических закономерностей пятнообразовательной деятельности Солнца, включая правила Гневешева-Оля и Вальдмайера, связь амплитуды цикла N с длительностью циклов N и $N-1$, в числах Вольфа и числах групп солнечных пятен. Установлено, что в обоих солнечных индексах указанные закономерности выражены на временном интервале 1700–1833 гг. заметно хуже, чем на промежутке 1834–1996 гг. Обсуждены возможные причины установленных различий.

**Paleoclimatological evidence for abnormal temperature
rise at extratropical part of the Northern Hemisphere
over 1988–2008**

Ogurtsov M.G.^{1,2}, Jungner H.³, Oinonen M.³, Helama S.⁴,
Lindholm M.⁵

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

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

³*University of Helsinki, Dating Laboratory, Finland*

⁴*SPC Centre, University of Lapland, Rovaniemi, Finland*

⁵*Metla, Rovaniemi*

Nine proxy-based reconstructions of temperature of the extratropical part of the Northern Hemisphere over the last 600–1000 years were compared to the instrumentally measured temperatures. The effect of anomalous reduction in sensitivity over the last decades (divergence) in the tree-ring based records was taken into account. Statistical analysis showed that in eight of nine reconstructions the time interval 1988–2008 was the warmest two decades throughout the last 1000 years with probability more than 0.60.

**Об учёте теплопроводности при моделировании
солнечных вспышек**

Орешина А.В., Сомов Б.В.

Государственный астрономический институт

им. П.К. Штернберга, Москва

e-mail: avo@sai.msu.ru, e-mail: somov@sai.msu.ru

В основе явления солнечной вспышки лежит эффект магнитного пересоединения. В области взаимодействия магнитных потоков, имеющих пару компонент противоположной направленности, формируется пересоединяющий токовый слой. В нём энергия магнитного поля преобразуется в тепловую и кинетическую энергию плазмы и ускоренных частиц. Во время вспышки токовый слой становится турбулентным, и электронная температура в нём достигает огромных значений: $T_e \gtrsim 10^8$ К. Наличие в нём малой поперечной составляющей магнитного поля приводит к тому, что потоки тепла вдоль пересоединённых линий поля играют большую роль в охлаждении токового слоя, а следовательно и балансе энергии солнечной вспышки. В рамках самосогласованных моделей «сверхгорячего»

турбулентного токового слоя [1] тепловые потоки значительно увеличивают мощность энерговыделения в процессе магнитного пересоединения.

Мы исследуем физический механизм переноса тепла из сверхгорячего токового слоя в окружающую слой плазму атмосферы Солнца. Главное внимание уделяется вопросу о применимости классического описания теплового потока в окрестности токового слоя и поиску альтернативных способов учёта теплопроводности, которые могут устранить возникающие при этом противоречия. Кроме классической, проанализированы преимущества и недостатки так называемой аномальной теплопроводности, а также теплопроводности с учётом релаксации теплового потока. Физический смысл последней заключается в том, что тепловой поток реагирует на изменение пространственного распределения температуры не мгновенно, как в классическом случае, а с некоторой задержкой. Показано, что этот механизм лучше описывает перенос тепла во вспышках.

- [1] Somov B.V. *Plasma Astrophysics, Part II, Reconnection and Flares*. New York: Springer, 2006.

Характеристики источника циклотронного излучения над активной областью NOAA 10325

Петерова Н.Г.¹, Топчило Н.А.², Рябов Б.И.³,
Безруков Д.А.³

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

²СПбГУ, Санкт-Петербург, e-mail: TopchiloNA@yandex.ru

³Вентспилский международный радиоастрономический центр,
Латвия, e-mail: ryabov@latnet.lv

Продолжено исследование переходной области хромосфера-корона над солнечными пятнами на основе спектрально-поляризационных наблюдений источников циклотронного излучения в микроволновом диапазоне волн. Ранее при исследовании двух АО [1, 2] были выявлены особенности этих источников, оказавшиеся характерными как для крупного униполярного пятна, так и пятен небольшой площади, входивших в состав биполярной АО. Подмеченные закономерности проверяются на примере АО 10325, имевшей «типичную» (среднестатистическую) структуру и размеры. Подтвердилось, что (а) в диапазоне 2.3–2.7 см резко меняется структура изображения источника в о-моды излучения; (б) спектр яркостных температур в е- и о-моды излучения, пересчитанный в зависимость от величины

магнитного поля на уровне 2-го и 3-его gyroуровней, сильно расходитя в диапазоне коротких волн ($\lambda < 2.7$ см), причем о-мода излучения оказывается горячее е-моды. Обнаружена новая особенность характеристик излучения: в случае АО 10325 в отличие от ранее исследованной крупной АО [1] потемнение над пятном в о-моды излучения на коротких волнах наблюдается только на небольших долготы $\pm 3d$ от ЦМ.

Обсуждается расхождение результатов наблюдений с общепринятой моделью источников циклотронного излучения над солнечными пятнами. Представлены результаты моделирования с использованием различных моделей магнитного поля солнечных пятен.

- [1] Н.А. Топчило, Н.Г. Петерова, Т.П. Борисевич // АЖ, 2010, т. 87, № 1, р.75.
- [2] A.N. Korzhavin, L.V. Opeikina, N.G. Peterova // Astrophys. Bull., 2010, v. 65, № 4, p. 60.

О проблемах МГД моделирования предвспышечной ситуации в реальном времени

Подгорный А.И.¹, Подгорный И.М.²

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

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

Первичное освобождение энергии солнечной вспышки в солнечной короне на высотах 20–30 тысяч километров ($1/30$ – $1/20$ радиуса Солнца) объясняется накоплением энергии в магнитном поле токового слоя, появляющегося в окрестности особой линии Х-типа в результате фокусировки возмущений, распространяющихся от фотосферы. В процессе квазистационарной эволюции, токовый слой переходит в неустойчивое состояние, что приводит к взрывному выделению энергии. Для МГД моделирования предвспышечной ситуации, никаких предположений о механизме солнечной вспышки не делается. Все начальные и граничные условия необходимо задавать из наблюдений. Расчеты начинаются за несколько дней перед вспышкой, когда сильные возмущения в короне отсутствуют, и поле можно считать потенциальным. Граничные условия задаются из наблюдаемых магнитных полей на фотосфере. Другие величины задаются на границе области, используя аппроксимации условий свободного выхода. В предыдущем МГД моделировании магнитное поле на фотосфере изменялось в

10^4 – 10^5 раз быстрее, чем в реальности. Это вызывает сильные возмущения с большими токами, которые могут маскировать токовые слои. Для выполнения МГД моделирования эволюции активной области в реальном времени, необходимо значительно ускорить расчеты, для чего были разработаны специальные математические методы. На персональном компьютере впервые выполнено моделирование эволюции активной области в начальный период формирования токового слоя. Рассмотрена возможность проведения расчетов на суперкомпьютере. Для удобного поиска положений источников вспышечного излучения, и представления конфигураций магнитного поля и течения плазмы вблизи них в плоскости и в трехмерном пространстве в подходящей системе координат, разработан новый метод графической визуализации, функционирующий с одновременными вычислениями.

Динамика магнитного поля активной области в предвспышечном состоянии и во время вспышки

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.fian.dns.mipt.ru*

В связи необычным поведением нового цикла солнечной активности возникает проблема связи динамики солнечных пятен и ее связи с возникновением вспышек. Исследовано поведение магнитного потока нормальной составляющей магнитного поля при прохождении по диску Солнца активных областей АО 10486 и АО 10365, давших серии вспышек класса X. Нормальная компонента поля в активных областях вычислялась методом решения уравнения Лапласа с наклонной производной. В качестве граничных условий использовались карты компоненты магнитного поля вдоль луча зрения активных областей SOHO MDI. Показано, что вспышки класса X стали возникать, когда магнитный поток превысил 10^{22} Мкс. Поведение фотосферного магнитного потока во время мощных вспышек оказалось различно для различных вспышек. Магнитные потоки области АО 10365 до и после вспышек 27 и 28 мая 2002 г., возникших с интервалом около 1.5 часа, оставались постоянными с точностью до 2%. Это относится и к самой мощной вспышке (класса X17). Во время отдельных вспышек магнитный поток изменялся до 10%, однако такие флуктуации потока происходили и в отсутствии вспышек. Поток энергии от фотосферы в корону в момент вспышки не наблюдался. Такое поведение фотосферного

поля согласуется с электродинамической моделью солнечной, описывающей взрывное выделение энергии, запасенной в магнитном поле токового слоя в короне над активной областью, а формирование токового слоя происходит в предвспышечном состоянии.

Поляриметрия протуберанца 29 марта 2006 г.

Попов В.В., Ким И.С., Суюнова Э.З.

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

Представлены результаты прецизионных измерений линейной поляризации H α -протуберанцев во время полного солнечного затмения 29 марта 2006 года. Оценивается контраст «протуберанец/корона». Сравнение двумерных распределений степени поляризации, построенных по 3-м и по 24-м положениям поляроида, указывает на систематически меньшие значения степени поляризации на 2% для более «зашумленного» сигнала. Детальное распределение степени поляризации в выделенном спокойном протуберанце изменяется в диапазоне $3 \div 7\%$ в интервале высот $30 \div 100''$. Измеренные значения лежат ниже теоретической кривой, рассчитанной для чисто резонансного рассеяния, что объясняется деполяризацией магнитной и немагнитной природы. Отмечена перспективность использования метода при синоптических наблюдениях в двух линиях для получения информации о магнитной структуре протуберанцев и электрических токах в верхней атмосфере Солнца.

Солнечный цикл по данным наблюдений и теория динамо

Попова Е.П., Соколов Д.Д.

*Московский Государственный Университет, Москва,
e-mail: popovaelp@mail.ru*

Солнечный цикл принято связывать с действием механизма динамо. Простейшая схема работы динамо, основанная на совместном действии альфа-эффекта и дифференциального вращения, была предложена Паркером в 1955. Магнитное поле в такой схеме имеет полоидальную и тороидальную компоненты. Широтно-временное распределение тороидальной компоненты магнитного поля сопоставляют с широтно-временным распределением пятен. В качестве трасера полоидального магнитного поля можно рассматривать крупномасштабное поверхностное магнитное поле. В работе было построено широтно-временное распределение (баттерфляй-диаграммы) полоидальной компоненты магнитного поля для простейшей схемы Паркера, а также для динамо с меридиональной циркуляцией и нелинейного динамо. Было проведено сопоставление полученных результатов с наблюдательными данными. Показано, при каких условиях теоретические баттерфляй-диаграммы совпадают по структуре с баттерфляй-диаграммами, построенными по наблюдениям.

Взаимодействующие волокна на Солнце и сопутствующие им события

Порфирьева Г.А., Якунина Г.В., Орешина А.В.

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

Крупномасштабные структурные образования на Солнце, такие как волокна (протуберанцы) или петли, расположенные близко друг к другу, могут взаимодействовать друг с другом. Эти случаи наблюдаются не часто. Представлен краткий обзор процессов взаимодействия волокон, зафиксированных в 23 цикле солнечной активности.

Возникновение и протекание подобных процессов зависит от структуры магнитного поля (МП) самих волокон и окружающей короны, широких движений в фотосфере, вспышек и выбросов вблизи волокон и др. Как показывают модельные расчёты, два прилегающие волокна могут слиться и образовать одно более длинное волокно, т. е. конец одного соединится с началом другого волокна, или оба волокна сольются своими какими-то

частями, если оба волокна лево- или правосторонние. Волокна с разной направленностью закрученности жгута не могут соединиться.

На основе наблюдений с высоким пространственным и временным разрешением в H_{α} , далеком ультрафиолете, белом свете и рентгене с Земли и из космоса (*TRACE*, *SOHO*, *ACE*, *Yohkoh* и др.) рассматриваются примеры слияния и пересоединения волокон. Анализ магнитограмм и доплерограмм (*MDI SOHO*, *HSOS Beijing*) помогает понять причины, вызвавшие дестабилизацию волокон. Процессы пересоединения во время взаимодействия волокон, приводят к энергосвобождению в виде вспышек, выбросов волокон и выбросов корональной массы. Используются публикации в научных журналах и данные из Интернета.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 0802-01033.

Геоэффективность солнечных вспышек с мощными всплесками жесткого рентгеновского излучения

Прокудина В.С.¹, Ермолаев Ю.И.², Сливка М.³

¹ ГАИШ МГУ, Москва, e-mail: prok@sai.msu.ru

² ИКИ РАН, Москва

³ *Институт Экспериментальной и Теоретической Физики Кошице, Словакия*

Изучаются особенности солнечных вспышек, во время которых на RHESSI были зарегистрированы мощные потоки НХР в диапазоне энергий $E=50-100$ кэВ. Анализировались данные наблюдений за период 2002–2008 г.г., которые приводятся в Каталоге http://hesperia.gsfc.nasa.gov/hessidata_flare_list.txt. Выделены события с потоками НХР во вспышках более 10^6 ед. Для этих вспышек были изучены свойства корональных транзиентов (СМЕ), возмущения в солнечном ветре. Кроме того, исследовались характерные свойства геомагнитных бурь с $Dst > 100$ нТ, их запаздывание относительно взрывной фазы вспышки. Поскольку поток НХР является важной характеристикой процесса энергосвобождения во вспышке, его следует учитывать при анализе геомагнитных эффектов наряду с другими характеристиками вспышек и солнечного ветра.

Взаимосвязь тепловой и нетепловой компонент микроволнового излучения вспышечной петли

Пузыня В.М.¹, Мельников В.Ф.^{1,2}

¹ФГНУ НИРФИ, Нижний Новгород, e-mail: vale-r2006@yandex.ru

²ГАО РАН, Санкт-Петербург

Целью данной работы является изучение связи между тепловой и нетепловой компонентами микроволнового излучения одиночной вспышечной петли по наблюдениям с высоким пространственным разрешением. Временной профиль исследованного радиовсплеска состоит из плавной компоненты и наложенного на нее короткого импульса. Интенсивности излучения плавной и импульсной компонент близки по величине. В результате удалось четко проследить пространственное и временное развитие тепловой и нетепловой компонент вспышки и изучить их взаимосвязь.

По данным радиогелиографа Нобеля на 17 и 34 ГГц установлено, что: 1) импульсный всплеск, происшедший на фазе роста плавного всплеска, проявляет себя практически только в одном конце (северном) вспышечной петли, и в основном только на 17 ГГц. В вершине петли импульсный всплеск не наблюдался ни на одной из этих частот. На фазе спада плавного всплеска максимальная яркость находится в южной области и на 17, и на 34 ГГц, при этом на 17 ГГц ярко светятся оба основания петли; 2) рост интенсивности и наступление максимума плавной компоненты в вершине петли явно запаздывает (> 80 сек) относительно оснований, как на 17 ГГц, так и на 34 ГГц.

Анализ динамики интенсивности, поляризации и наклона спектра позволяет заключить, что импульсная компонента всплеска обусловлена нетепловым гиросинхротронным излучением ускоренных электронов, а плавная компонента — тепловым тормозным излучением плазмы, заполняющей петлю. Заполнение вспышечной петли происходит за счет хромосферной плазмы, разогретой этими энергичными электронами и поднимающейся вдоль петли из ее оснований.

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

Пятигорский А.Г., Пятигорский Г.А.

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

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

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

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

**Адаптационные технологии сердца человека под
влиянием космогеофизических факторов**

**Рагульская М.В.¹, Вишневский В.В.², Обридко В.Н.¹,
Сычев А.С.²**

¹*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения
радиоволн им. Н.В.Пушкова РАН, Троицк
e-mail: ramary2000@yahoo.com*

²*Институт проблем математических машин и систем НАН
Украины, Киев*

В настоящее время проект “Гелиомед”, созданный в 2003 г. для изучения влияния солнечной активности и погодных факторов на динамические особенности ЭКГ человека на различных географических широтах, имеет базу данных более 50000 измерений и одновременно проводится в гг. Москва, Киев, Якутск, Симферополь, Саратов. В мониторинговых группах постоянных обследуемых осуществляется ежедневная 4-х кратная регистрация и анализ ЭКГ в фазовом пространстве в состояниях с различной нагрузкой; а также регистрация артериального давления. Полученные данные сопоставлялись с динамикой внешних факторов. Такой

объем данных требует разработки автоматизированных алгоритмов математического анализа.

Нами была зафиксирована тенденция поддержания стабильности индивидуальной программы реагирования, проявляющаяся при рассмотрении динамики совокупности состояний во всех 4-х измерениях под различными видами нагрузки. Т. е. существует выраженная индивидуальная траектория реагирования организма на стационарную нагрузку, по-видимому связанная с индивидуальными особенностями поддержания гомеостаза. Разумеется, у различных обследуемых закономерность реагирования будет разной (более того, в небольшом количестве случаев возможно сочетание двух характерных траекторий или наоборот – их отсутствие). Однако для данного конкретного человека наблюдается выраженная тенденция к сохранению индивидуальной программы реагирования. Анализ собранной базы данных позволил заметить, что в большинстве случаев во время магнитовозмущенных дней наблюдается инверсия этой традиционной для организма программы. Таким образом, автоматизированный поиск реакции сердца человека на резкие возмущения окружающей среды математически можно свести к поиску “неправильных” отклонений от индивидуальной программы, т.е. к поиску артефактов. Увеличение количества артефактов для разных географических групп пациентов, рассматривается, как групповой эффект.

Для анализа формы сигнала мы использовали, стандартную функцию корреляции между двумя векторами. Если форма текущей траектории сигнала имеет не большое количество траекторий, похожих на нее, то данная траектории является артефактом.

$$(\sum_{j=1, j \neq i}^N (R(V_i, V_j) > B)) \leq (K * N) \implies V_i = \text{артефакт},$$

где N – общее количество дней для которых имеются данные для выбранного пациента. V_i – i -тая траектория, $R(V_i, V_j)$ – функция корреляции. B – порог похожести. Если значение функции корреляции между двумя траекториями превышает данный порог то считаются, что они имеют близкую форму. K – порог группы. Если тестируемый вектор имеет количество векторов, на которое он похож меньше заданного порога, то считается, что заданная траектория является артефактом. Из эксперимента оптимальные значения параметров равны $B = 0.8$ и $K = 0.1$.

Предложенный метод хорошо зарекомендовал себя при решении задач автоматизации и анализа большого объема данных мониторинговых экспериментов. Безусловным преимуществом данного метода при проведении практических исследований является то, что он может работать на малых объемах данных, не чувствителен к перебоям при сборе данных, и в автоматическом режиме выявляет более 80% групповых эффектов, связанных с резкими вариациями геофизических факторов.

Роль атмосферной циркуляции в климатическом отклике на воздействие долговременной солнечной активности

Распопов О.М., Дергачев В.А.

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

Анализ процессов в нижней атмосфере во время усиления и ослабления потоков космических лучей свидетельствует об изменении характера атмосферной циркуляции. Подобная реакция атмосферы на внешнее воздействие указывает, что при долговременном характере воздействующих факторов, связанных с солнечной активностью, необходимо учитывать реакцию всей системы атмосфера-океан на это воздействие с учетом внутренних процессов, протекающих в системе. Результаты моделирования и экспериментальные данные свидетельствуют, что атмосферная циркуляция приводит к региональному отклику на воздействие солнечной активности. Внутренние нестационарные процессы в системе атмосфера-океан могут синхронизироваться солнечными периодичностями, и в декадном диапазоне периодов может происходить усиление солнечного сигнала. Региональный характер климатического отклика приводит к появлению регионов, в которых отчетливо проявляется солнечное воздействие и регионов, где это воздействие ослаблено или практически отсутствует. Региональность климатического отклика на солнечное воздействие может проявиться в различии хронологий, построенных разными авторами на отличной друг от друга пространственной базе исходных данных.

Наблюдения и интерпретация квазипериодических пульсаций с дрейфом периода

Резникова В.Э.^{1,2}

¹ *ФГНУ НИРФИ, Нижний Новгород, e-mail: rez-ver@yandex.ru*

² *NSRO/NAOJ, Nobeyama, Japan*

Проведен вейвлет-анализ вариаций интенсивности излучения во время солнечной вспышки, наблюдавшейся радиогелиографом Нобейама на частотах 17 и 34 ГГц и спутником RHESSI на энергиях 25–50 кэВ. Установлено, что сигналы содержат хорошо выраженную периодичность с периодом, растущим от 2.5 до 5 мин. Анализ эволюции температуры плазмы и длины петли в течение вспышки позволили интерпретировать квазипериодические пульсации второй гармоникой медленных магнито-звуковых

колебаний. Данная мода может генерироваться первоначальным импульсным энерговыделением и предположительно является триггером повторных импульсов энерговыделения.

Динамика системы микроволновых вспышечных петель в двухленточной вспышке

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

¹ *ФГНУ НИРФИ, Нижний Новгород, e-mail: rez-ver@yandex.ru*

² *NSRO/NAOJ, Nobeyama, Japan*

³ *ГАО РАН, Санкт-Петербург*

Исследована пространственная динамика системы вспышечных петель в двухленточной вспышке 22 августа 2005 г по наблюдениям микроволнового и жесткого рентгеновского излучений на радиогелиографе Нобеяма (NoRH) и спутнике RHESSI, соответственно. Для анализа использовались также магнитограммы SOHO/MDI, наблюдения в линии H_{α} на телескопе SMART обсерватории Hida и в EUV-диапазоне на инструментах SOHO/EIT и TRACE. Исследовалась эволюция размеров, положения оснований и ориентации системы микроволновых петель, возникающих в ходе развития длительного (более часа) радиовсплеска, состоящего из шести 6 мощных пиков.

Обнаружено, что 1) аркада, наблюдаемая в активной области в линии H_{α} непосредственно перед вспышкой, имеет сильный шир и содержит волокно, видимое в ультрафиолете; 2) основания видимой яркой микроволновой вспышечной петли последовательно смещаются вдоль нейтральной линии (NL) фотосферного магнитного поля, свидетельствуя о том, что энерговыделение и ускорение электронов происходит в разных петлях последовательно вдоль протяженной аркады; 3) шировый угол видимой петли и расстояние между основаниями, параллельное нейтральной линии, монотонно уменьшается в течение вспышки; 4) длина и высота радиопетли сокращаются на фазе роста первого пика излучения, а затем увеличиваются; 5) первый мощный пик микроволнового излучения присутствует как в основаниях, так и в вершине петли, тогда как остальные пять пиков интенсивности видны лишь в области оснований.

Сделано заключение о двух фазах развития наблюдаемой двухленточной вспышки. На второй фазе (после первого пика) ускорение частиц шло в области над вспышечной аркадой преимущественно вдоль силовых линий магнитного поля. Показано, что такой тип ускорения может реализоваться в модели ускорения с коллапсирующей магнитной ловушкой.

Детализация спектра магнитного поля Солнца как звезды и её интерпретация

Ривин Ю.Р.

Мюнхен, e-mail: ju_rivin@web.de

В результате детализации спектра Фурье временных изменений магнитного поля Солнца как звезды методом дробных гармоник в [1] сделан вывод, что на интервале 1975–1996 гг. область основного максимума спектра примерно на периоде $T=27$ дней имеет сложную структуру, которая содержит вариации в диапазоне $\Delta T=26\text{--}30$ дней (максимум спектральных амплитуд примерно на $T=27$ дней, после периодов ~ 25 и ~ 30 дней спектральные амплитуды близки к нулю). Такая структура спектра имеет место на разных широтах и у скоростей вращения Солнца вокруг собственной оси.

При интерпретации сделаны следующие выводы: 1) магнитное поле Солнца может стать важным инструментом изучения скорости солнечного вращения; 2) по-видимому, наличие таких вариаций в магнитном поле Солнца обязано полю, которое постоянно находится у основания конвективной зоны — общему магнитному полю Солнца, имеющему иные механизмы происхождения и свойства чем пятна; 3) солнечные пятна — локальные случайные явления (кусочки, оторвавшиеся от общего поля), которые подчиняются структуре и свойствам общего поля; 4) оценка средней за год напряженности их магнитных полей в [2,3], возможно, даёт представление о величине этого поля (примерно 2 кГс) на продолжительных интервалах.

- [1] Ривин Ю.Р. // Сб. Солнечно-земная физика. Труды VII симпозиума по солнечно-земной физике России и стран СНГ. Троицк Московской области. 1999. С. 64.
- [2] Ривин Ю.Р. // Сб. Экспериментальные и теоретические исследования основ прогнозирования гелиогеофизической активности. Труды Всероссийской конференции в октябре 2005. Троицк Московской области. 2006. С. 365.
- [3] Ривин Ю.Р. // Сб. Солнечная и солнечно-земная физика 2008. Труды Всероссийской ежегодной конференции по физике Солнца. ГАО. Санкт-Петербург. 2008. С. 333.

Механизмы генерации циклических вариаций магнитного поля Солнца по данным наблюдений

Ривин Ю.Р.

Мюнхен, e-mail: ju_rivin@web.de

В основе генерации циклических вариаций солнечной активности лежит магнитный цикл общего магнитного поля Солнца. Этот цикл генерируется в верхней области конвективной зоны (вблизи фотосферы). На фотосфере он начинается с внедрения в районе экватора нового магнитного потока соответствующей полярности, приходящего из глубин зоны [1].

С приходом нового потока в верхнюю область в ней появляются условия для генерации трубок, которые, выходя на фотосферу, образуют там активные области и пятна. Механизм генерации таких трубок, согласно Паркеру, нелинейный. Поэтому он детектирует магнитный цикл. В результате такого детектирования изменения количества пятен год от года происходят согласно изменению второй гармоники магнитного цикла. Поскольку количество таких пятен из верхней области на фотосфере значительно преобладает над количеством пятен снизу, они определяют хорошо уже известные свойства их пространственно – временной структуры. Этот ~ 11 -летний цикл будем называть «пятенный».

Общее магнитное поле Солнца В рождается, по-видимому, в нижней области конвективной зоны за счёт вращения «квазипостоянного» (название условно) поля вокруг оси близкой, но несколько сдвинутой, относительно вращения Солнца вокруг собственной оси [2]. Наличие в этой области «квазипостоянного» (КП) магнитного поля делает её нелинейной. Магнитный цикл В формируется, в основном, процессами, которые происходят в верхней области конвективной зоны, но он не ограничивается этой областью, а распространяется и к основанию зоны. Достигнув нижней нелинейной области, он модулирует процессы в ней своей второй гармоникой [3]. Этот цикл В по многим характеристикам отличается от пятенного, поэтому назовём его «модуляционным».

В рамках предлагаемой модели удаётся не только предложить схему механизмов генерации основной цикличности солнечной активности, но и показать существование в этой цикличности двух ~ 11 -летних циклов с принципиально разными свойствами, дать объяснение природы этих циклов. Эта модель альтернативна господствующей сегодня модели «динамо», которая основана на материалах только по солнечным пятнам, не принимает во внимание общее магнитное поле и его свойства.

- [1] Ривин Ю.Р. // Сб. Год астрономии: Солнечная и солнечно – земная физика 2009. Труды Всероссийской ежегодной конференции по физике Солнца. Санкт – Петербург. Пулковое. ГАО РАН. 2009.С. 381.
- [2] Ривин Ю.Р. // Сб. Солнечная и солнечно – земная физика 2010. Труды Всероссийской ежегодной конференции по физике Солнца. Санкт – Петербург. Пулковое. ГАО РАН. 2010.С.(Т10-2 в этом сборнике).
- [3] Ривин Ю.Р. // Сб. Солнечная и солнечно-земная физика 2008. Труды Всероссийской ежегодной конференции по физике Солнца. ГАО. Санкт-Петербург. 2008. С. 337.

**Фазовые соотношения 11-летних изменений
галактических космических лучей и магнитных полей
Солнца как инструмент определения области
модуляции ГКЛ**

Ривин Ю.Р.

Мюнхен, e-mail: ju_rivin@web.de

Ранее были обнаружены фазовые сдвиги на один – два года в нечётные циклы и отсутствие сдвигов в чётные между кривыми среднегодовых значений чисел Вольфа W и потока галактических лучей P (по данным нейтронного монитора обс. Клаймекс) на интервале 1954 – 1994 гг. [1]. Они показали, что при получении корреляционных соотношений этих двух характеристик кроме амплитудных соотношений должны учитываться и сдвиги фазы.

Там же приведены результаты определения сдвигов P относительно модульных значений магнитного поля как звезды (нижняя область конвективной зоны) и модуля радиальной компоненты общего магнитного поля Солнца (верхняя область). Из них следует, что, если сдвиги и существуют, то их величина много меньше, чем в паре $W-P$. Однако малая статистика данных наблюдений делает этот вывод предварительным.

В предлагаемой работе акцент делается на выявление области межпланетного пространства, в которых происходит амплитудная модуляция ~ 11 -летним циклом потока ГКЛ, в зависимости от того модулируется ли поток магнитными полями активных областей или общим магнитным полем Солнца.

- [1] Ривин Ю.Р. //Известия РАН. Серия физическая.1998. Т.62. № 6. С.1266.

Циклические вариации общего магнитного поля Солнца и рекуррентной геомагнитной активности

Ривин Ю.Р.

Мюнхен, e-mail: ju_rivin@web.de

В [1,2] показано существование в конвективной зоне Солнца двух систем образования магнитных полей.

Первая система – общее магнитное поле Солнца В. Оно обусловлено вращением вокруг оси, близкой к собственной оси вращения Солнца, «квазипостоянного» магнитного поля, находящегося в нижней области конвективной зоны. Это поле имеет временные вариации в полосе периодов 26 – 30 дней. Такие же периоды наблюдаются у скорости вращения Солнца на разных гелиоширотах при его вращении вокруг собственной оси. Амплитуда вариаций В модулирована изменением с периодом ~ 10 лет [1]. В [2] такое изменение названо модуляционным.

Вторая система создаёт на фотосфере активные области и пятна. Её свойства передают хорошо известные временные и частотные характеристики (числа Вольфа), а также пространственные (закон Шпёлера). Эта система во временной области показывает циклические изменения с $T=11$ лет, что близко к T первой системы, но принципиально отличается рядом свойств и местом образования.

Существование двух систем магнитных полей приводит к вопросу — какой из них обязано появление циклических вариаций рекуррентной геомагнитной активности. Дать ответ на этот вопрос позволяют данные по межпланетному магнитному полю и его модулю [3]. Они показывают, что такие вариации геомагнитной активности обусловлены модуляционным циклом В. Это общее магнитное поле Солнца в межпланетном пространстве захватывается высокоскоростным солнечным ветром и доставляется к Земле.

- [1] Ривин Ю.Р. // Сб. Солнечная и солнечно – земная физика -2008. Труды Всероссийской ежегодной конференции по физике Солнца. Санкт-Петербург. Пулково. ГАО. 2008. С. 337.
- [2] Ривин Ю.Р. // Сб. Солнечная и солнечно – земная физика -2010. Труды Всероссийской ежегодной конференции по физике Солнца. Санкт-Петербург. Пулково. ГАО. 2010. (в данном сборнике мои тезисы Т10-1).
- [3] Ривин Ю.Р., Громова Л.И.// Астрономический вестник. Наука.2000. Том.34. № 2. С.139.

Новая версия спектромагнитографа ИЗМИРАН

Руденчик Е.А.¹, Кожеев И.Е.²

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

² *Научно-исследовательский радиофизический институт, Нижний Новгород, e-mail: kozh-ie@mail.ru*

Описан принцип работы и представлена схема новой версии солнечного спектромагнитографа ИЗМИРАН. Приведены результаты первых измерений. Дана оценка точности определения продольного и поперечного магнитного поля и поля скоростей по повторяемости.

Разработка и реализация различных новых методик наблюдений динамических явлений в активных областях на Солнце в миллиметровом диапазоне на телескопе РТ-7,5 МГТУ им. Н.Э. Баумана

Рыжов В.С.¹, Жильцов А.В.¹, Смирнова В.В.²

¹ *Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Москва, e-mail: v_ryzhov@mail.ru, e-mail: zhilcovave8@mail.ru*

² *Астрономический институт им. В.В. Соболева Санкт-Петербургского государственного университета, С.-Петербург, e-mail: vusvid@rambler.ru*

Нами были разработаны методики наблюдений и мониторинга активных областей и вспышечных событий на радиотелескопе РТ-7,5 МГТУ им. Н.Э. Баумана (рабочий диапазон: 3.2 мм и 2.4 мм) [1, 2] созданы и успешно внедрены в работу методы длительного слежения за выбираемой областью и ее автоматического сканирования, определения ошибок наведения, учета атмосферного поглощения и получены первые наблюдательные результаты.

Предложена новая методика первичной обработки данных, алгоритмы расчета координат положения луча и регистрации данных, учитывающий задержку отклика сигнала.

Также было разработано программное обеспечение, позволяющее автоматически рассчитывать координаты выбранной активной области, определять различные текущие поправки наведения с сохранением наиболее важных параметров в выходной файл данных в общедоступном текстовом формате.

Мы проанализировали запись вспышечного события класса С 2.2 по классификации GOES на волне 3.2 мм на предмет возможности обнаружения достоверного сигнала от радиовсплеска. Полученный сигнал превысил «спокойный» уровень примерно на 4%, что соответствует потоку 4.8 с.е.п. Уровень шумов не превышал 2.5%.

- [1] Соловьев Г.Н., Розанов Б.А., Иванов В.Н., Нагнибеда В.Г., Пиотрович В.В.// Радиоэлектронные и лазерные приборы. Мир, М. 1990.
- [2] Парщиков А.А., Жаркова Н.А.// Антенны, № 7, Радиотехника, 2006

Тепловые вспышки: нагрев плазмы и (или) ускорение заряженных частиц

Савченко М.И., Складорова Е.М., Чариков Ю.Е.

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

Большинство вспышек на Солнце не сопровождается жёсткими видами излучений. Обычно это вспышки класса не выше С по классификации GOES. Наиболее жёстким является рентгеновское излучение в диапазоне энергий, не превышающих 20–25 кэВ. Общепринятой концепцией является идея нагрева вспышечной плазмы во время вспышки, тепловое тормозное излучение. Основная задача — определение температуры и меры эмиссии нагретой плазмы и их изменение во времени. Вопросы энергоделиения в конкретной геометрии магнитного поля, возможного ускорения частиц плазмы в этих вспышках практически не обсуждаются. Не ясна и причина преимущественной реализации тепловых вспышек на Солнце. Понятно, что менее энергоёмкие процессы должны реализовываться чаще, но это утверждение не всегда справедливо — на Солнце возникают Активные области, в которых происходят только вспышки с жёсткими видами излучений. В настоящей работе анализируются данные по мягкому рентгеновскому излучению солнечных вспышек, полученные во время полётов спутников GOES, Yohkoh, КОРОНАС и др. Первое, что следует отметить, тепловые вспышки в мягком рентгеновском излучении обнаруживают протяжённый (часовой) и импульсный (минуты) характер. Причём, в отличие от жёсткого излучения в мягком рентгеновском излучении никогда не наблюдается структура многочисленных перекрывающихся субимпульсов. Скорее всего это указывает на менее комплексную

магнитную конфигурацию в этих вспышках. Вэйвлет анализ временных рядов мягкого рентгеновского излучения подтверждает этот факт.

В предположении теплового тормозного характера излучения нами получены значения температуры и меры эмиссии, их временной ход. Временной ход температуры соответствует подобному для интенсивности. Пик меры эмиссии запаздывает (во всех вспышках) по сравнению с максимумом рентгеновского потока. В тепловой модели этот факт можно объяснить расширением области нагретой плазмы. Механизм расширения — теплопроводность (либо классическая, либо аномальная). Охлаждение вспыхивающей плазмы происходит в результате излучения. В принципе, рентгеновское излучение тепловых вспышек можно интерпретировать тормозным излучением ускоренных электронов. Однако показатель энергетического спектра должен быть чрезвычайно большим поскольку в тепловых вспышках не регистрируется излучение выше 20 кэВ. Для спектров с показателями большими 5 требуется специфический механизм ускорения. Существующие модели ускорения не отвечают указанной особенности.

Система автоматической наводки и гидирования солнечного патрульного телескопа

Середжин Р.Т., Дормидонтов Д.В.

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

В рамках работ по созданию солнечного патрульного телескопа была разработана структурная схема системы для автоматического наведения на Солнце и последующего гидирования. Систему составляют два датчика углового положения трубы по прямому восхождению и склонению, четырех элементный фотодиодный сенсор для гидирования, АЦП, ЦАП. Ядром системы является программное обеспечение (ПО) с реализованной функцией цифрового ПИД-регулятора. ПО позволяет считывать показания с датчиков положения и фотодиодного сенсора, выдавать соответствующие сигналы управления на контроллеры шаговых двигателей по обеим осям. ПО может быть реализовано на персональной ЭВМ, в качестве подпрограммы, либо на отдельном программируемом контроллере.

Солнечная корона во время затмения 1 августа 2008 г.

*Скоморовский В.И., Трифонов В.И., Машнич Г.П.,
Загайнова Ю.С., Файнштейн В.Г., Кушталъ Г.И.,
Чупраков С.А.*

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

Для исследования солнечной короны во время затмений создан телескоп, в котором поляризованное излучение белой короны одновременно пропускается одним объективом через три поляризатора, направления пропускания которых повернуты относительно выбранного направления на 0° , 60° и 120° . В результате на выходе телескопа одновременно формируются три изображения белой короны. В обычной методике поляризатор вращается, и изображения короны при разных ориентациях направления пропускания поляризатора регистрируются последовательно в разные моменты времени. Телескоп использовался для наблюдения солнечной короны во время затмения 1 августа 2008 г. Получены распределения поляризационной яркости, яркости К-короны, степени поляризации К-короны и полной степени поляризации, а также направления поляризации в зависимости от широты и радиуса в плоскости неба. Обсуждаются особенности этих характеристик белой короны в различных структурах короны: в разных типах стримеров, в полярных областях, а также в особой области короны, которую мы назвали «седловиной». Рассчитаны радиальные распределения концентрации электронов в зависимости от широты. Сопоставлены свойства этих распределений в разных структурах короны. Полученные результаты сравниваются с результатами изучения белой короны во время других затмений. В предположении гидростатического равновесия в зависимости от широты определена температура корональной плазмы, средняя по радиусу в диапазоне $R = (1.2 - 1.5)R_\odot$ ($R_\odot$ — радиус Солнца). Предложен метод оценки температуры протонов на этом участке короны в ее различных структурах.

Об усилении долгопериодных пульсаций геомагнитного поля накануне геоэффективных солнечных вспышек

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

*Федеральное государственное научное учреждение
«Научно-исследовательский радиофизический институт» (ФГНУ
НИРФИ), Нижний Новгород, e-mail: rfj@nirfi.sci-nnov.ru*

В данной работе представлен статистический анализ характеристик долгопериодных пульсаций горизонтальной компоненты магнитного поля Земли в периоды, примыкающие к протонным вспышкам на Солнце различной интенсивности. На основании метода вейвлет-анализа на большом экспериментальном материале, включающем данные более 100 станций для 3 вспышечных событий, подтверждено существование долгопериодных колебаний Н-компоненты магнитного поля Земли —предвестников геоэффективных солнечных вспышек. Предвестники представляют собой усиление мощности колебаний горизонтальной компоненты магнитного поля с периодами 30–60 минут и наблюдаются за 2–3 дня до вспышки на большинстве из рассмотренных станций.

Изучен ряд особенностей временного, пространственного распределения долгопериодных колебаний, выявлены отличия в их характеристиках для спокойных и возмущенных условий. Причиной усиления долгопериодных пульсаций-предвестников является связь между колебательными процессами в солнечной атмосфере накануне вспышечных событий и в атмосфере Земли. Коэффициент корреляции спектральной плотности рентгеновского излучения и горизонтальной компоненты магнитного поля достигает высоких значений. Это позволяет нам говорить о влиянии спектрального состава ионизирующего предвспышечного излучения Солнца на спектр усиливающихся геомагнитных колебаний.

В работе исследована возможность использования исследуемого эффекта возрастания долгопериодных пульсаций Н-компоненты магнитного поля Земли для краткосрочного прогнозирования вспышечной активности на примере события 22 марта 1991 года. Обнаружено существенное увеличение мощности долгопериодных колебаний за трехнедельный период, примыкающий непосредственно к вспышечному событию.

**Результаты наблюдений активных областей на Солнце
в миллиметровом диапазоне на телескопах РТ-7,5
МГТУ им. Н.Э. Баумана и РТ-14 обсерватории
Метсахови (Финляндия)**

***Смирнова В.В.¹, Нагнибеда В.Г.¹, Рыжов В.С.²,
Жильцов А.В.², Riehoainen A.³, Kallunki J.³***

¹ *Астрономический институт им. В.В. Соболева
Санкт-Петербургского государственного университета,
С.-Петербург, e-mail: vsvvid@rambler.ru,
e-mail: vnag@VN1014.spb.edu*

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

³ *University of Turku, Turku, Finland, e-mail: alerie@utu.fi,
e-mail: kallunki@kurp.hut.fi*

Нами была разработана методика совместных наблюдений и мониторинга активных областей и вспышечных событий на радиотелескопах РТ-7,5 МГТУ им. Н.Э. Баумана (рабочий диапазон: 93 ГГц и 136 ГГц) [1] и РТ-14 обсерватории Метсахови (Финляндия) (рабочий диапазон 2–150 ГГц) и получены первые наблюдательные результаты.

Мы проанализировали данные наблюдений активных областей над пятнами в отсутствии вспышек на предмет поиска длинноволновых (>1 мин.) колебаний плотности потока миллиметрового радиоизлучения посредством вейвлет-анализа [3, 5]. Нами были обнаружены колебания с периодами около 1, 30–50 и 100 минут и дана их предварительная интерпретация.

Мы также проанализировали ряд вспышечных событий различных классов по классификации GOES в микроволновом-миллиметровом диапазоне по данным радиотелескопа РТ-7,5 МГТУ им. Н.Э. Баумана, РТ-14 обсерватории Метсахови и радиогелиографа Nobeyama в сравнении со спутниковыми данными, для выяснения характерных деталей, свойственных тому или иному событию. На основе собранных наблюдений был предложен качественный сценарий развития миллиметрового всплеска.

Нами были построены мгновенные и динамические спектры для некоторых вспышечных событий и обнаружены отклонения спектральных кривых от теоретической модели [4]. Также удалось разделить временной профиль миллиметрового всплеска на тепловую и импульсную составляющие. Для некоторых событий классов С-М тепловая компонента была значительной (>25%), что связано, возможно с тепловым тормозным механизмом излучения на разных этапах всплеска [2].

- [1] Соловьев Г.Н., Розанов Б.А., Иванов В.Н., Нагнибеда В.Г., Пиотрович В.В.// Радиоэлектронные и лазерные приборы. Мир, М. 1990.
- [2] Hildebrandt J., Pohjolainen S., Karlick? M.// The 10th Euro. Sol. Phys. Meeting, Vol. 1, p. 299–302, 2002.
- [3] Reznikova V.E., Melnikov V.F., Su Y., Huang G.// Astronomy Reports, Vol. 51, Issue 7, pp.588–596, 2007.
- [4] Grechnev I.M. et al.// Solar Physics 253: 263–290, 2008.
- [5] Zaitsev V.V., Kislyakov A.G. Kislyakova K.G.// Cosmic Research, Volume 46, Issue 4, pp.301–308, 2008.

Солнечные и звездные динамо в свете полярных первых баттерфляй-диаграмм звезд

Соколов Д.Д.¹, Ланца А.², Мосс Д.³

¹Московский Государственный университет, Москва,
e-mail: sokoloff@dds.srcc.msu.su

²INAF, Катания, Италия *e-mail: puccio.lanza@oact.inaf.it*

³Университет Манчестера, Англия,
e-mail: moss@maths.manchester.ac.uk

В последние годы получены первые баттерфляй-диаграммы активности звезд. В частности, выделяются группы звезд, для которых волны активности распространяются от экватора к полюсу, а не наоборот, как это бывает на Солнце. Мы обсуждаем, как эти фундаментальные результаты расширяют наши представления о звездных и солнечном динамо.

**Динамика скрученных магнитных силовых трубок
(жгутов) и особенности вспышечного пересоединения
в этих структурах**

Соловьёв А.А.

ГАО РАН, Санкт-Петербург

Излагаются основные динамические свойства скрученных магнитных трубок в солнечной атмосфере (хромосфере и короне). Приводятся формулы, описывающие силы, действующие на единицу длины магнитного жгута, в терминах величин, усредненных по сечению магнитной силовой трубки. Подчеркивается, что структура внешнего по отношению к жгуту магнитного поля играет определяющую роль в динамике магнитного жгута, движущегося в этом поле. Рассматриваются основные сценарии быстрого вспышечного пересоединения магнитных силовых линий жгута и внешнего поперечного (по отношению к оси жгута) магнитного поля. Обсуждаются эффекты сокращения (shrinkage) вспышечной магнитной петли на ранней стадии вспышки и механизм её последующего выброса (ejection). Обсуждается также типичная геометрическая структура пост-эруптивной магнитной конфигурации.

**Магнитный шар в однородном поле сил тяжести: новое
точное решение**

Соловьёв А.А., Киричек Е.А.

ГАО РАН, Санкт-Петербург

Известное решение Чандрасекхара-Прендергаста (1956), описывающее сферический магнитный вихрь с осевой симметрией и представляющее значительный интерес как для описания поля звезды в целом, так и для моделирования солнечных вспышек (Соловьёв, АЖ, 1998), обобщено с учетом действия однородного гравитационного поля. В отличие от решения Ч-П, в котором пространственное распределение плотности плазмы в шаре не зависело от наличия магнитного поля, в новом точном аналитическом решении системы уравнений магнитогидростатики эта зависимость появляется. Данное обстоятельство значительно расширяет класс анализируемых магнитоплазменных равновесий для сферической системы и позволяет предложить новые сценарии вспышечного энерговыделения.

Моделирование корональных стримеров на основе решения обратной задачи магнитогазостатики

Соловьёв А.А., Киричек Е.А.

ГАО РАН

Для систем, обладающих осевой симметрией, выведены общие уравнения, позволяющие рассчитывать равновесные распределения газового давления, плотности и температуры по заданной магнитной структуре (обратная задача магнитной гидростатики). Полученные уравнения использованы для численного моделирования таких долгоживущих квазиравновесных структур солнечной короны, как корональные стримеры. Получены пространственные распределения близкие к наблюдаемым: узкие лучи с повышенной плотностью плазмы, исходящие из касповой шлемообразной структуры.

Вариации энергетического спектра рентгеновских вспышек активных областей разных классов в течение трех циклов СА

Сотникова Р.Т.

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

В работе представлены результаты исследований интегральных энергий вспышек в мягком рентгеновском диапазоне для активных областей Солнца всех классов: А, В, С, D, E, F, H (использовалась цюрихская модифицированная классификация групп пятен). Оценки энергии звездных и солнечных оптических вспышек, в работах разных авторов показали, что распределения интегральных по времени значений энергий могут быть представлены степенной функцией: $N \sim E^{-\beta}$. Такой же характер энергетического спектра был показан автором в предыдущих работах для солнечных вспышек мягкого рентгеновского диапазона (1–8 Å) и обнаружена уверенная корреляция спектрального индекса β с фазой 11-летнего солнечного цикла. Возможно, что для всего Солнца β изменяется в цикле только за счет того, что с циклом активности изменяется процентное соотношение групп пятен разной классификации. И если β для вспышек от групп разного класса различно, то этот вариант может привести к изменению β в цикле для всего Солнца, даже если от групп пятен одного и того же класса β не изменяется на протяжении цикла. Поэтому целью настоящей статьи было — определить показатель спектра β для вспышек от активных областей каждого класса и исследовать поведение β в

цикле для вспышек от разных групп. Используемые в настоящей работе данные получены с комплекса спутников GOES в течение 1977–2007 гг. Для каждого года в течение трех циклов получены интегральные энергетические спектры вспышек. Результаты анализа показали, что изменение спектрального индекса в цикле присутствует, как для мощных групп E–F, так и для групп A–B–C: β показывает положительную корреляцию с фазой цикла, при этом заметно различие показателей спектра для этих двух типов активных областей. Кроме того, присутствует различие между спектральными индексами четного 22-го и нечетных 21 и 23 циклов, что характерно для 22-летнего магнитного цикла солнечной активности. То обстоятельство, что показатель спектра всех вспышек коррелирует с циклом пятен и магнитным циклом, служит аргументом в пользу представления об их физической взаимосвязи и внутренних причинах цикличности в активности Солнца.

Роль меридиональной циркуляции в моделях солнечного динамо

Степанов Д.И., Понявин Д.И.

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

Работа посвящена анализу кинематической модели солнечного динамо. Основными ингредиентами данной модели являются: дифференциальное вращение, меридиональная циркуляция, альфа-эффект, турбулентная диффузия и механизм магнитной «плавучести». Каждый из вышеперечисленных компонентов играет свою партию в общем динамо-оркестре.

Долгое время было мало известно о меридиональной циркуляции. Меридиональная циркуляция представляет из себя особый вид течения, происходящий в меридиональной плоскости и направленный у солнечной поверхности к полюсам. Общеизвестным является важность данного течения в различных динамо моделях [1].

Астрономические данные последних лет [2] значительно расширили представления о меридиональной циркуляции, что и послужило основным мотивом данного исследования. Оказалось, что скорость меридиональной циркуляции изменяется в течении цикла. Решая уравнения солнечного динамо с помощью кода SURYA [3], мы исследуем влияние переменного профиля меридиональной циркуляции на параметры цикла солнечной активности.

- [1] Yeates A., Nandy D., Mackay D. H. // *Astrophys.J.*, 2008, v.673, p.544.
- [2] Basu S., Antia H. M. // *Astrophys.J.*, 2010, v.717, p.488.
- [3] Chatterjee P., Nandy D., Choudhuri A. R. // *Astron.Astrophys.*, 2004, v.427, p.1019.

Наблюдение радиоизлучения на частоте 245 МГц как индикатор нового режима ускорения электронов и нагрева плазмы

Струминский А.Б.

ИКИ РАН, Москва

Радиоизлучение на гармониках плазменной частоты является индикатором плотности в области распространения и взаимодействия пучка нетепловых электронов. Мы обращаем внимание на наличие резких пиков интенсивности радиоизлучения на частоте 245 МГц во многих эруптивных солнечных вспышках. Эти пики, по всей вероятности, являются резонансными и соответствуют электронной плотности 109 см^{-3} в области взаимодействия на высотах 104–105 км в короне. Их наблюдение свидетельствует о переходе от импульсной фазы солнечной вспышки к пост-эруптивной (новый режим ускорения электронов и нагрева плазмы).

Солнечное событие 13 сентября 2005 (X1.5/2B) является ярким примером последовательного развития вспышечного процесса, когда импульсная и пост-эруптивная фаза были разнесены во времени. Первоначальная импульсная вспышка привела к нарушению устойчивости ближайших петель, и медленной эрупции волокна со скоростью 129 км/с. Переход к быстрой эрупции волокна со скоростью 402 км/с произошел примерно через 13 мин и сопровождался резкими пиками интенсивности радиоизлучения на 245 МГц. Во время последующего события 13 сентября (X1.7/1B) эрупция волокна и резонансное радиоизлучение на 245 МГц не наблюдались.

Сходство временных профилей температуры вспышечной плазмы и радиоизлучения на 245 МГц, которые наблюдаются в некоторых рассмотренных длительных вспышках балла >X1, позволяет предположить одинаковый сценарий их развития.

**Исследование частотных дрейфов трехминутных
колебаний микроволнового излучения над солнечными
пятнами**

**Сыч Р.А.¹, Накаряков В.М.², Анфиногентов С.А.¹,
Шибасаки К.³**

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

²*University of Warwick, Physics Department, Coventry CV4 7AL,
UK, e-mail: V.Nakariakov@warwick.ac.uk*

³*Nobeyama Radio Observatory, Minamimaki, Nagano 384-1305, Japan,
e-mail: shibasaki@nro.nao.ac.jp*

Исследовались корреляционные кривые и изображения солнечных пятен полученных Нобейама радиогелиографом на 17 ГГц. Найдено, что значимые колебания излучения представлены в виде повторяющихся цугов длительностью $\sim 8\text{--}20$ мин. (13 мин среднее) в диапазоне 2–4 мин с максимумом вблизи 3-х минут. Наблюдаемые цуги нестационарные по частоте, времени и мощности. Типичный интервал между цугами ~ 30 мин. На протяжении развития цугов обнаружены дрейфы частоты. Вейвлет анализ показал существование трех типов изменения частоты: с положительным дрейфом, отрицательным и без дрейфа. Начало и конец изменений совпадает по времени с началом и концом усиления колебаний. Максимумы цугов формируют 3-х минутный пик мощности, совпадающий с серединой дрейфа. Показано что в микроволновом диапазоне доминируют негативные частотные дрейфы. Исследование пространственных изменений радионисточников во время дрейфов выявило появление тонкоструктурных деталей в пятне. Эти детали можно объяснить формированием следов от распространяющихся вверх медленных магнитозвуковых волн. Мы объясняем наблюдаемые дрейфы за счет криволинейности магнитных трубок, вдоль которых распространяются волны и изменения угла зрения излучения относительно наблюдателя. В зависимости от направления движения волн доплеровское смещение частоты будет приводить к возникновению различных типов дрейфа. Сделан вывод о возможности формирования мультиплетности спектральных пиков вблизи 3-х минутного максимума за счет дрейфа частоты. Это ставит под сомнение реальность ранее предложенных моделей пятенного резонатора. Показано что низкочастотные колебания в пятнах могут являться модами основной 3-х минутной гармоник.

Характеристики корональных дыр по данным обработки EIT синоптических карт

Тавастшерна К.С., Поляков Е.В.

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

Представлена выборка результатов выделения корональных дыр (КД) по SOHO EIT синоптическим картам с 1996 по 2007 годы [1]. Получены координаты, площади, широтно-долготные размеры выделенных КД. Выполнено сопоставление результатов обработки с данными, опубликованными в [2], показавшее удовлетворительное их совпадение, что позволяет надеяться на продолжение ряда [2] с достаточной степенью однородности.

[1] <http://sun.stanford.edu/synop/EIT/index.html>

[2] Тавастшерна К.С., Тлатов А.Г. Каталог и атлас синоптических карт корональных дыр и полостей волокон в линии HeI 10830 Å, период 1975–2003 гг., Санкт-Петербург, 2006, 567 с.

Роль сил Лоренца в формирование корональной аркады двухленточных вспышек

Тлатов А.Г.

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

Анализ наблюдений развития системы корональных петель во время двухленточных солнечных вспышек, показывают, что подъем петель, как правило, происходит самосогласованно. Для описания процесса развития корональной аркады мы предположили, что на петли может действовать сила Лоренца, которая возникает в результате взаимодействия токов направленных вдоль петель, с индуцируемым ими магнитным полем. При этом магнитное поле, направленное вдоль оси аркады способствует быстрому росту петель с малой высотой и замедляет скорость подъема высоких петель. Представлены варианты расчета конфигурации магнитных полей и приведены оценки динамики корональных петель в солнечных вспышках.

Изменение транспортных свойств атмосферы Солнца по данным обработки столетних наблюдений в линии КIIСа

Тлатов А.Г., Васильева В.В.

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

Рассмотрены свойства флоккул и ярких элементов хромосферы, определенных по данным ежедневных наблюдений в линии КIIСа за период 1907–1997 гг., в частности распределение углов ориентации ярких площадок. Как правило, геометрическая ось флоккул, расположена под некоторым углом по отношению к солнечному экватору. Это связано с углом ориентации магнитной оси биполей, лежащих в основе флоккул, но возможно также обусловлено транспортными процессами в верхней атмосфере Солнца. Как правило, угол ориентации флоккул соответствует закону Джоя для угла наклона магнитной оси биполей, т.е. ведущие области расположены ближе к экватору, чем хвостовые, но также встречаются области и обратной конфигурации. Показано, что угол наклона флоккул в цикле зависит от амплитуды цикла солнечной активности. Наибольший угол наклона наблюдался в 19-м цикле активности. Относительное число флоккул с осью наклона соответствующей закону Джоя и противоположных этому направлению также связано с амплитудой цикла, но не текущего, а последующего цикла активности. Таким образом, геометрия локальных поверхностных магнитных полей связана с характеристиками активности, и может быть использована для уточнения моделей динамо. Обсуждается изменение транспортных свойств солнечной атмосферы, таких как меридиональная циркуляция и диффузия, на протяжении 20-го века и их связь с уровнем солнечной активности.

Магнитные поля в корональных дырах с активными областями

***Файнштейн В.Г.¹, Степанян Н.Н.², Руденко Г.В.¹,
Малашук В.М.², Кашапова Л.К.¹***

¹ *ИСЗФ СО РАН, Иркутск, e-mail: vfain@iszf.irk.ru*

² *НИИ «КрАО» МОН Украины, e-mail: nataly@crao.crimea.ua*

Работа посвящена исследованию свойств магнитного поля в корональных дырах (КД) и изучению их изменения в связи с возникновением в

КД активных областей (АО). По наблюдениям в линии HeI 1083 нм, проводимым на телескопе БСТ-2 НИИ «КрАО», были отобраны КД двух видов: без активных областей внутри них (15 КД) и с активными областями (28 КД). Для расчетов магнитных полей в КД использовались магнитограммы, полученные магнитографом SOHO/MDI, а также инструментом в NSO/KP и магнитографом SOLIS (NSO). В потенциальном приближении на нескольких высотах были рассчитаны: средние значения по площади КД радиальной компоненты поля $\langle B_r \rangle$ и ее модуля, величина $\langle \frac{|B_r|}{B} \rangle$ (B — величина магнитной индукции), максимальные и минимальные по площади КД значения B_r . Были, также, построены силовые линии магнитного поля, выходящие из различных точек на фотосфере в пределах КД. Показано, что появление активной области внутри корональной дыры может существенно повлиять на свойства магнитного поля в дыре. На всех рассмотренных высотах КД с относительно большой АО характеризуется в среднем более сильными полями, чем КД без АО. Средний угол наклона силовых линий поля к радиальному направлению приблизительно одинаковый для двух типов КД на уровне фотосферы (60°). Но с ростом высоты над поверхностью Солнца в КД с АО угол практически не меняется, а в КД без АО уменьшается до 45° . Силовые линии магнитного поля в КД без АО являются открытыми, или очень высокими петлями, замыкающимися вне КД. АО, возникающие внутри КД — биполярные или мультиполярные магнитные структуры. Они формируются замкнутыми силовыми линиями магнитного поля, которые начинаются в АО и замыкаются либо внутри АО, либо в ближайшей окрестности АО в КД. Практически отсутствует связь АО внутри КД с внешними АО, или другими местами вне КД.

Поляризация жёсткого рентгеновского излучения вспышек и проблема углового распределения ускоренных частиц

Чариков Ю.Е.

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

Ускорение заряженных частиц во время вспышек является одной из центральных проблем физики Солнца. Информацию об энергетической зависимости функции распределения электронов можно получить из анализа жёсткого рентгеновского излучения (ЖРИ). Обычно полагают степенной закон функции распределения. Сложнее обстоит вопрос об угловой

зависимости. Надежды определить эту зависимость связаны с измерениями степени поляризации ЖРИ. В настоящей работе в первой части моделируется ЖРИ вспышек с субсекундной временной структурой. Применяется модель нестационарной кинетики пучка электронов, развитая ранее. Полагая последовательность импульсов ускоренных электронов треугольной формы и субсекундной длительности подобную структуру ЖРИ удаётся смоделировать полагая значения концентрации плазмы в источнике не ниже 10^{11} см^{-3} . Параметры пучка-показатель степени энергетического спектра, вид угловой зависимости, а так же угол наблюдения слабо влияют на временные профили ЖРИ. Расчёты степени поляризации в данной модели не дают значений, превышающих 60%–70%. Степень поляризации быстро уменьшается со временем до значений порядка 10%–20%. Однако величина поляризации сильно зависит от углового распределения электронов и геометрии и локализации источника излучения.

Во второй части рассматриваются вопросы генерации ЖРИ и степени поляризации для вспышек, не обнаруживающих тонкую временную структуру. На примере вспышки 8 июля 1992 года, зарегистрированной на спутнике Yohkoh, проводится моделирование временной структуры ЖРИ. В модели нестационарной кинетики удаётся согласовать профили ЖРИ, экспериментальные и расчётные. Таким образом можно проводить диагностику плазмы и пучка ускоренных электронов. Для данной вспышки параметры пучка задавались следующими: показатель спектра электронов $\delta = 3$, угловая часть функции распределения практически δ -образная ($\cos \theta$ в степени 50), длительность электронного импульса $t_0 = 40 \text{ с}$. Число импульсов ускоренных электронов $N=3$, время следования импульсов друг за другом $t^* = 20 \text{ с}$, концентрация плазмы в источнике 10^{11} см^{-3} и угол наблюдения $\alpha = 45^\circ$. Анализ немногочисленных результатов измерений степени поляризации ЖРИ во время вспышек показывает достаточно небольшие значения на уровне 20%. Особый интерес вызывает регистрация чрезвычайно высокой степени поляризации жёсткого рентгеновского излучения на станции КОРОНАС-Ф. Во время вспышки 29 октября 2003 года зарегистрированы чрезвычайно высокие значения степени поляризации ЖРИ, превышающие 75%. Мы сделали попытку модельным образом получить указанные значения степени поляризации. При этом необходимо сначала смоделировать временной ход ЖРИ в этой вспышке и только потом для полученных параметров пучка и плазмы провести расчёты величины поляризации. Как оказалось вполне приемлемое согласование временных профилей — расчётных с наблюдаемыми определяет параметры, для которых никоим образом не удаётся получить высокие значения степени поляризации. Расчётные величины степени поляризации в этой вспышке составляют примерно 50%, то есть много ниже обнаруженных в эксперименте. Возможные причины расхождения обсуждаются.

В заключение возможности рентгеновской поляриметрии во время солнечных вспышек для определения параметров ускоренных электронов конкретизируются.

Сложные формы зебра-структуры в солнечном радиоизлучении и новые механизмы генерации

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

¹*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В.Пушкова РАН (ИЗМИРАН), Троицк Московской области, 142190, e-mail: gchernov@izmiran.rssi.ru*

В литературе продолжается спорная дискуссия о природе зебра-структуры (ЗС) в радиовсплесках IV типа. Только за последние 5 лет вышло около 10 работ по усовершенствованию механизма, основанного на двойном плазменном резонансе (ДПР) и предложено 5 новых моделей. Объяснение этому связано с новыми наблюдениями необычных форм ЗС, которые трудно интерпретировать как регулярные гармоники в рамках известных моделей. Согласно всем работам, анализирующим механизм на ДПР, мы должны наблюдать ЗС во всех континуальных всплесках. Но наблюдения говорят об обратном: ЗС появляется далеко не во всех всплесках и обычно в пульсирующем режиме. Однако нередко утверждается тем не менее, что механизм на ДПР объясняет все основные свойства ЗС и указывается на основную ошибку многих авторов в расчетах инкрементов плазменных волн на верхней гибридной частоте: нельзя расширять расчеты на соседние с гибридной полосой области, поскольку дисперсионное уравнение справедливо только внутри гибридной полосы. К тому же в целом ряде работ отмечается, что вклад члена, связанного с гармоникой в гибридной полосе, значительно превосходит вклад от прилегающих сверху гармоник, особенно для слегка неперпендикулярного распространения в релятивистском рассмотрении.

Известно, что величины инкрементов вистлеров для релятивистских энергий быстрых частиц мало отличаются от значений для более низких энергий. Поэтому выводы о том, что магнитная ловушка может быть разделена на чередующиеся слои усиления и поглощения вистлеров остаются справедливыми для большого диапазона энергий быстрых частиц. Любое усовершенствование моделей на ДПР связано с новыми жесткими требованиями на параметры быстрых частиц. Мы предлагаем альтернативную модель ЗС. Показано, что в системе слабoreлятивистский 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. Предположение о наличии пучков быстрых протонов в неизотермической плазме является естественным для любой крупной вспышки.

Явления в радиоизлучении Солнца, предшествующие регистрации корональных выбросов массы

Шейнер О.А., Фридман В.М.

*Федеральное государственное научное учреждение
«Научно-исследовательский радиофизический институт» (ФГНУ
НИРФИ), Нижний Новгород, e-mail: rfj@nirfi.sci-nnov.ru*

В работе рассмотрены явления в радиодиапазоне, предшествующие регистрации корональных выбросов массы (КВМ) на коронографах на продолжительных временных интервалах, составляющих от нескольких суток до десятков минут.

Анализ микроволнового излучения, формируемого в нижних слоях солнечной атмосферы, является эффективным методом исследования образования и начального распространения корональных выбросов масс, поскольку процессы, происходящие на этих стадиях развития КВМ, проявляются именно в переходном слое солнечной атмосферы — хромосфере и нижней короне, где и генерируется радиоизлучение сантиметрового и дециметрового диапазонов.

Основные результаты представляемой работы заключаются в установлении характерных особенностей микроволнового излучения на интервалах, предшествующих регистрации КВМ. Характеристики спорадических явлений микроволнового излучения, являются отражением процессов, определяющих физические параметры регистрируемых в последующем на коронографе событий (угловой раскрыт, скорость распространения, феноменологический тип). Наблюдаемые микроволновые явления рассматриваются также в прогностическом аспекте.

Представленные результаты получены главным образом с использованием данных рутинных наблюдений обсерваторий, принадлежащих мировой Службе Солнца. Этот факт, с нашей точки зрения, свидетельствует о неиспользованных ранее возможностях применения данных мировой сети

Службы Солнца в радиодиапазоне для получения информации об условиях формирования и начального распространения КВМ в нижних слоях солнечной атмосферы, недоступных наблюдениям на коронографах.

Корональные дыры и высокоскоростные потоки солнечного ветра

Обридко В.Н., Шельтинг Б.Д.

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

Изучена связь между корональными дырами и высокоскоростными потоками в 23^й цикле. Общее число проанализированных дыр 338. Зависимость яркости корональной дыры от фазы цикла практически повторяет ход яркости всего диска в целом и является частью общей циклической вариации средней яркости Солнца. Подтверждена концепция общей аналогии между солнечными пятнами и КД, что приводит к двухкомпонентной структуре КД. Корреляция яркости КД со скоростью солнечного ветра в целом высокая (до 70%), но в периоды высокой активности она падает. Характеристики солнечного ветра определяются на том уровне, где в КД силовые линии радиальны. КД играет роль сопла, из которого и выбрасывается весь поток.

Магнитное поле, приходящее к Земле с солнечным ветром, формируется не в точке гелиопроекции, а в более широкой области, захватывающей всю зону от -40 до $+40$ градусов. При этом определяющую роль в формировании МП СВ играют корональные дыры, располагающиеся в центрах заливов нейтральной линии определенного знака.

**Исследование радиоизлучения корональных дыр
в минимуме активности Солнца по частному затмению
01.08.2008 г. на ГАС ГАО РАН**

Шрамко А.Д., Гусева С.А.

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

Представлены данные наблюдения солнечного затмения 01.08.2008 г. на радиотелескопах Кисловодской Горной Астрономической Станции РТ-3($\lambda=4.9$ см) и РТ-2($\lambda=3.2$ см). Регистрация потока излучения проводилась электронным методом, с временным разрешением 0.5 сек. Отождествлены компактные источники на диске Солнца и вклад корональных дыр в интегральный поток. Проведены сопоставления с наблюдениями в оптическом и рентгеновском диапазонах. Особое внимание было уделено полярной корональной дыре расположенной в северном полушарии.

Работа выполнена при поддержке РФФИ программ РАН.

**Регистрация всплеска 01.08.2010 г. в радиодиапазоне
и его отклик на магнитометре поля Земли**

Шрамко А.Д., Дормидонтов Д.В.

*Горная астрономическая станция ГАО РАН, Кисловодск,
e-mail: ashramko@inbox.ru, e-mail: ra6ftz@mail.ru*

На Горной астрономической станции ГАО РАН проведена работа по запуску магнитометра поля Земли SAM, с помощью которого проводятся ежедневные наблюдения, начиная с 1 июня 2009 года. Регистрируются две компоненты магнитного поля Земли X и Y.

01.08.2010 г. на радиотелескопах ГАС РТ-2($\lambda 3.2$ см) и РТ-3($\lambda 4.9$ см) был зафиксирован большой всплеск ($\lambda 3.2$ — 126 с.е.п., $\lambda 4.9$ — 208 с.е.п.), который был вызван вспышечным процессом в единственной группе пятен(№ 65) на видимом диске Солнца. Вспышечный процесс спровоцировал активность двух спокойных протуберанцев, которые далее вызвали выброс вещества в межпланетное пространство(СМЕ).

03.08.2010 г. около 16h на магнитометре поля Земли SAM было зафиксировано начало достаточно сильной магнитной бури. Продолжительность активной фазы магнитной бури была около двух дней.

Это событие интересно тем, что оно было единственным мощным событием в большом промежутке времени, и влияние этого события на магнитное поле Земли было практически ни чем не искажено.

*Тезисы, поступившие
после окончания регистрации*

**Эволюция активной области AR 10898
перед вспышкой 6 июля 2006 по данным
микроволновых и рентгеновских наблюдений**

***Григорьева И.Ю.¹, Лившиц М.А.², Боровик В.Н.¹,
Кашапова Л.К.³***

¹ Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,
С.-Петербург, e-mail: igina19752004@mail.ru

² Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения
радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН, Москва

³ Институт Солнечно-Земной Физики СО РАН, Иркутск

Микроволновое излучение активной области AR 10898 за период 29.06 – 08.07 2006 г. (за несколько дней до вспышки M 2.4 (GOES класс) и CME 6 июля 2006 г. и непосредственно перед эруптивным событием) анализируется по данным РАТАН-600 и данных RSTN Solar Radio Database (San Vito).

Регулярные наблюдения Солнца проводились на РАТАН-600 в меридиане и в десяти азимутах с интервалом в 18 мин. Интенсивность и поляризованная по кругу компоненты солнечного радиоизлучения регистрировались на 15-20 длинах волн одновременно в диапазоне 1.8 – 5.0 см в режиме прохождения Солнца через неподвижную диаграмму радиотелескопа. Первое наблюдение на РАТАН-600 6 июля 2006 г было выполнено за 40 минут до максимума вспышки. Приводится сопоставление данных микроволновых наблюдений AR 10898 на предвспышечной фазе с наблюдениями в жестком рентгеновском диапазоне (RHESSI).

Эволюция активной области AR 10898, изменение ее магнитной структуры перед вспышкой M 2.4 сравниваются с эволюцией активной области AR 10930, в которой 13 декабря 2006 г. произошла мощная геоэффективная вспышка X 3.4/4B, а также с другими эруптивными событиями.

**Непосредственный отклик на солнечные вспышки
по данным магнитометрического комплекса:
проект «Шуман»**

Ишков В.Н.¹, Кукса Ю.И.², Теодосиев Д.³, Шибачев И.Г.¹

¹ИЗМИРАН, Троицк

²ЦГЭМИ ИФЗ РАН, Троицк

³ИКИ БАН, София

Экспериментальная часть проекта «Шуман» опирается на два аппаратных комплекса. Первый комплекс — магнитометрическая станция регистрирует три магнитные компоненты, две электрические и огибающую акустического канала. Время квантования по всем каналам 0.5 сек. Второй комплекс, включающий два индукционных датчика магнитного поля, рассчитан на регистрацию в шумановском диапазоне и ниже ($0.01 \text{ Hz} < f < 40 \text{ Hz}$) и в данный момент проходит тестирование. Предлагаемая работа опирается на данные первого комплекса, работающего в г.Троицк.

Анализируется прямой отклик на ряд солнечных вспышек. Дополнительная ионизация ионосферы, вызванная этими вспышками, приводит к токовой перестройке и возмущению В-компонент. Так как солнечные события носят случайный характер и проявляются, в той или иной форме, на фоне достаточно регулярных процессов, то важна оценка фоновых состояний анализируемых параметров и их динамика на временных интервалах разного масштаба.

Проведен анализ суточной и более высокочастотных гармоник на временных массивах длительностью до и более месяца. Выделено влияние фаз Луны на суточную гармонику. Отмечается, что по степени гладкости параметров высокочастотных компонент можно оценить характеристики нерегулярных событий

**О соотношении вкладов обыкновенной
и необыкновенной моды циклотронного излучения
пятенного источника**

Кальтман Т.И.

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

В работе моделируется микроволновое излучение солнечного пятенного источника на основе общепринятой модели циклотронного излучения. В соответствии с полными формулами Железнякова для магнитормозного излучения просчитаны вклады отдельных гармоник со 2 по 5 в интенсивность гирорезонансного излучения источника.

Излучение рассчитывается интегрированием уравнения переноса вдоль луча зрения от корональных высот до фотосферы через гирорезонансные слои пятенного источника; шаг интегрирования меняется таким образом, чтобы приращение оптической толщины не превышало на каждом шаге некоторой заданной малой величины. Смоделированные двумерные карты оптических толщин, яркостных температур и вычисленные соотношения вкладов гирорезонансных слоев анализируются.

Показана недостаточность упрощенного подхода к интерпретации пятенного излучения в виде учета генерации необыкновенного излучения только на третьей гармонике гирочастоты и обыкновенного излучения только на второй гармонике.

Продemonстрировано, как в зависимости от электронной концентрации, от модели роста кинетической температуры с высотой меняется соотношение вкладов гармоник со 2 по 5 обыкновенной и необыкновенной мод излучения. Эти вклады могут значительно варьироваться, что необходимо учитывать при обработке и интерпретации солнечных наблюдений. Так, более «растянутый» рост хромосферных температур с высотой будет приводить к более резким скачкам вкладов гармоник (а значит и наблюдаемых потоков, и эффективных размеров источников), также значительно снизится наблюдаемая степень поляризации излучения. При этом размеры источников в обыкновенном излучении будут расти с длиной волны более плавно, чем в необыкновенном излучении.

Учет рассчитанных факторов и индивидуальный подбор параметров плазмы для конкретной активной области с использованием наблюдений в оптическом, ультрафиолетовом и рентгеновском диапазонах позволит усовершенствовать методику восстановления роста кинетической температуры в хромосферной зоне по наблюдениям яркостных температур на РАТАН-600. Также показано, что при известном радиоастрономическом методе измерения магнитных полей учет концентрации электронов (по порядку величины) может уменьшить ошибку измерений в 1.5 раза.

О природе мультифрактального скейлинга MDI-магнитограмм

Князева И.С.¹, Каримова Л.М.², Макаренко Н.Г.^{1,2}

¹ Главная Астрономическая Обсерватория, С.-Петербург,
e-mail: iknyazeva@gmail.com

² Институт Математики, Алма-Ата, Казахстан,
e-mail: klyailya@mail.ru

Принято считать, что большое магнитное число Рейнольдса обуславливает полностью развитую турбулентность, которая должна наблюдаться как самоподобные магнитные паттерны на уровне фотосферы. Численно, статистическое самоподобие выражается существованием мультифрактального спектра. Поиску такого спектра посвящено большое число публикаций (см., например, [1], [2]). Дополнительным стимулом таких поисков является предположение о прогностических возможностях скейлинга в проблеме предсказания солнечных вспышек [3]. Однако, существует альтернативный источник мультифрактального скейлинга. Он обусловлен универсальными статистическими свойствами высококонтрастного цифрового изображения, природа которых вообще говоря не связана с физической турбулентностью [4]. В нашей работе приводится сравнительный анализ мультифрактальных спектров для изображений природных ландшафтов и *MDI* магнитограмм. Мы рассматриваем возможные способы выбора указанных альтернативных источников скейлинга.

- [1] Ireland J. et al. // Solar Phys., 2008, v.252, p.121.
- [2] Kestener P. et al. // Astrophys.J., 2010, v.717, p.995.
- [3] McAteer R.J. // arxiv.org/abs/0909.536v1
- [4] Turiel A., Parga N. // Neural Computational, 2010, v.12, 763

**Взгляд на солнечное динамо по трем компонентам
магнитного поля
и их спиральным характеристикам**

Кузанын К.М.¹, Гао Ю.², Чжан Х.²

¹*ИЗМИРАН, Троицк Московской обл., 142190 Россия,
e-mail: kuzanyan@izmiran.ru*

²*National astronomical Observatories of China (NAOC), Chinese
Academy of Sciences, 20A Datun Road, Beijing 100012 China
e-mail: gy@bao.ac.cn*

Происхождение и динамика магнитной активности Солнца обязаны механизму гидромагнитного динамо. Важнейшим фактором, определяющим регенерацию поля (так называемый альфа-эффект) является спиральность магнитного поля, которая отражает одновременно как полоидальное, так и тороидальное магнитное поле. Введение спиральности позволяет учитывать динамическую нелинейность солнечного цикла.

За 20 лет систематических наблюдений векторного магнитного поля в обсерваториях США, Японии и Китая получены данные по эволюции спиральности на разных широтах в процессе солнечного магнитного цикла [1]. Таким образом, мы можем охарактеризовать солнечный цикл новой наблюдательной величиной, непосредственно не связанной с пятнами. По обработанным данным мы также проследили изменение полоидальной и тороидальной компонент крупномасштабного магнитного поля, которое может описываться уравнениями гидромагнитного динамо средних полей.

Установлены новые наблюдательные свойства спиральности и полоидального поля, которые накладывают существенные ограничения на модели солнечного динамо [1]. На статистически значимом материале получены пространственно-временные области, в которых реализуется тот или иной режим генерации магнитного поля, визуализирующийся по знаку спиральности. Показано, что многие известные ранее модели динамо не вполне согласовываются с этими наблюдениями. Предлагается построение модели динамо, которая учитывает эти новые наблюдательные ограничения.

- [1] Zhang, H. Q., Sakurai, T., Pevtsov, A., Gao, Y., Xu, H. Q., Sokoloff, D. D. and Kuzanyan, K: 2010, *MNRAS*, vol.**402**, L30.

Свойства корональных выбросов, образующихся на видимой и противоположной сторонах Солнца

Минасянц Г.С., Минасянц Т.М.

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

Рассмотрены и сопоставлены свойства корональных выбросов на видимой и противоположной стороне Солнца. Использованы данные наблюдений на солнечной обсерватории SOHO в течение 23-го цикла активности. Установлено, что параметры корональных выбросов, возникающих на противоположной стороне Солнца, позволяют предположить о присутствии там развитых активных областей. Имеется возможность спрогнозировать выход этих областей на видимую сторону Солнца. Выявлена характерная особенность в развитии стадии спада 23-го цикла: четко выделяются отдельные группы выбросов, источниками которых были комплексы активности на обеих сторонах диска Солнца. На стадии спада цикла количество выбросов, имеющих наиболее высокие значения кинетической энергии и ускорения, превосходило стадию максимума.

О влиянии солнечной активности на темпы опухолевой прогрессии первичных меланом кожи человека

***Семилетова Ю.В.¹, Наговицын Ю.А.², Анисимов В.В.¹,
Мацко Д.Е.¹***

*¹ Федеральное государственное учреждение
Научно-исследовательский институт онкологии имени
Н.Н. Петрова, Санкт-Петербург*

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

Проведен анализ клинико-морфологических данных 840 больных первичной меланомой кожи, радикально леченых хирургически в ФГУ НИИ онкологии имени Н.Н. Петрова, за период с 1985 по 2003 годы. Известно, что основным показателем ранней диагностики и темпов опухолевой прогрессии первичной меланомы кожи является индекс Бреслоу. Этот показатель представляет собой абсолютную толщину первичной меланомы кожи, определяемую посредством окуляр-микрометра в миллиметрах. Известно, что чем «толще» первичная меланома кожи, тем хуже прогноз заболевания у пациентов. Как правило, рано диагностируемые первичные меланомы кожи являются наиболее «тонкими». Необходимо отметить, что

основными этиологическими факторами первичных меланом кожи является инсоляция и механическая травма пигментных невусов.

При сопоставлении временного хода погодичного распределения больных с различной толщиной первичной меланомы кожи по Бреслоу с изменениями солнечной активности (в том числе УФ-радиации Солнца) оказалось, что пациенты образуют две выраженные группы. Первая группа с толщиной опухоли по Бреслоу до 4 мм, и вторая группа — более 4 мм.

Сравнительный анализ данных позволил сделать выводы:

1. Группа больных с толщиной опухоли по Бреслоу более 4 мм в целом находится в фазе с солнечной активностью, то есть чем больше солнечная активность, тем больше случаев, когда средняя толщина опухоли наибольшая, что свидетельствует о быстрых темпах опухолевой прогрессии у этих пациентов. Первичная меланома кожи у данной группы больных, как правило, была изъязвлена и кровоточила.

2. Группа больных с толщиной первичной меланомой кожи менее 4 мм находится в противофазе с циклом солнечной активности. Это парадоксально, поэтому имеет смысл интерпретировать данное явление как запаздывание. Имеется тенденция к увеличению числа пациентов с большей толщиной первичной меланомы кожи до 4 мм. Но в этом случае обнаружение (обращение к врачу) происходит после латентного периода, который составляет 5–7 лет. Первичные опухоли у этих больных, как правило, имели плоскую форму с отсутствием изъязвления.

**Прогноз 24-го цикла
по количеству беспятенных дней
в предшествующем минимуме**

Хлыстов А.И., Сомов Б.В.

*Государственный астрономический институт
им. П.К. Штернберга, Москва
e-mail: ai42@sai.msu.ru, e-mail: somov@sai.msu.ru*

Несмотря на значительные успехи в теоретическом осмыслении механизмов солнечного динамо, пока удается получить из вычислений только 11-летние циклы с постоянной амплитудой и длительностью, а также качественно описать диаграмму «бабочек» Маундера. Варьируя параметры подгонки, содержащиеся в различных модификациях теории динамо (скорости дифференциального вращения и меридиональных течений, характеристики крутильных колебаний, коэффициенты турбулентной вязкости и т.д.) можно также описать наблюдаемые вариации величин максимумов

циклов от $W = 50$ до $W = 200$ и длительности циклов от 9 лет до 15 лет, а также получить длительные минимумы типа минимума Маундера.

Однако никакой прогностической ценности такие расчеты не имеют, поскольку временной ход этих вариаций неизвестен. Если окажется, что эти вариации носят чисто стохастический характер, проблема прогноза солнечной цикличности перейдет в разряд неразрешимых. Однако в случае закономерных изменений тех или иных параметров подгонки, можно надеяться выявить с помощью эмпирических исследований их проявления в различных характеристиках солнечной цикличности и в дальнейшем построить количественную теорию прогноза.

В настоящей работе мы предприняли попытку связать количество беспятенных дней в минимуме цикла с основными характеристиками последующего цикла: его высотой, общей длительностью и длительностью ветви роста цикла. Принимая для числа беспятенных дней перед началом 24-го цикла $N = 800$ (июль 2010 г.), были получены следующие характеристики 24-го цикла: число Вольфа в максимуме цикла $W_{max} = 65$, время наступления максимума цикла $T_{max} = 2013.7$ года (сентябрь 2013 г.), общая длительность цикла $DT_{mt} = 12.6$ года, длина ветви роста $RW = 4.8$ года.

Течение Свита-Паркера и эвакуация плазмы из токового слоя

Цап Ю.Т.^{1,2}, Копылова Ю.Г.¹

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

² НИИ КРАО НАНУ, Украина

Проведен численный анализ модели магнитного пересоединения Паркера (Parker E.N. ApJSS, 1963, 77, 177), в которой эвакуация плазмы из токового слоя обусловлена разницей газового давления внутри и снаружи последнего. На основе уравнений диссипативной магнитной гидродинамики установлено, что дифференциальные уравнения, характеризующие пространственное распределение скорости втекания сильно- или слабоионизованной плазмы, а также напряженности магнитного поля, при заданных граничных условиях имеют бесконечное число решений. Это противоречит полученным ранее выводам и свидетельствует о необходимости пересмотра используемых приближений. С помощью масштабных соотношений акцентируется внимание на трудностях, возникающих в случае эвакуации сжимаемой плазмы из токового слоя посредством только натяжения магнитных силовых линий, поскольку тогда стационарное пересоединение становится невозможным. Обсуждаются следствия полученных результатов.

Корреляционные связи между солнечной активностью и глобальными метеорологическими полями

Чукин В.В., Кузьминых Е.В.

Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург, e-mail: chukin@rshu.ru

Данная работа посвящена исследованию влияния солнечной активности и галактических космических лучей (ГКЛ) на облачность, которая в значительной степени влияет на поток солнечной радиации, достигающей земной поверхности и, следовательно, на климат Земли в целом.

В докладе представлены данные обработки и анализа спутниковых данных о глобальном поле облачности, температуры и влажности воздуха, полученных в ходе проекта по спутниковой климатологии облаков (ISCCP) [1]. В исследовании использовались среднегодовые значения за период с 1983 по 2005 год для следующих метеорологических величин: общее количество облаков, количество облаков нижнего яруса, количество облаков среднего яруса, количество облаков верхнего яруса, температура поверхности и влагозапас атмосферы. В проекте ISCCP для выделения трех ярусов облаков приняты следующие значения атмосферного давления на верхней границе облаков: верхний ярус — менее 440 гПа; средний ярус — от 440 до 680 гПа; нижний ярус — более 680 гПа. В качестве параметра, характеризующего солнечную активность, использовались значения потока радиоизлучения на длине волны 10.7 см. Поток галактических космических лучей (ГКЛ) оценивался по данным наземных нейтронных мониторов на станциях Оулу (Финляндия) и Москва (Россия).

Результаты анализа показывают, что наблюдается отрицательная корреляция между солнечной активностью и средним по земному шару количеством облаков нижнего яруса (коэффициент корреляции равен -0.53). В то же время, для облаков среднего и верхнего яруса отмечается менее отчетливая положительная корреляция с солнечной активностью (0.31, 0.40, соответственно). Корреляция между потоком нейтронов на станции Оулу и количеством облаков нижнего, среднего и верхнего ярусов составляет 0.66, -0.49 и -0.54, соответственно. При определении корреляции по данным нейтронного монитора в Москве получаются аналогичные значения: 0.71, -0.47 и -0.49, соответственно.

На основе значений коэффициента корреляции можно сделать предположение, что в цепочке физических механизмов, оказывающих влияние на поле облачности, значительную роль играют ГКЛ. Анализ полученных данных показывает, что изменению потока космических лучей в течение 11-летнего цикла солнечной активности на $\pm 10\%$ от среднего значения, соответствует изменение количества облаков более чем на $\pm 1\%$ (процент облачности). Сравнение с полученными ранее данными [2] показывает, что

увеличение длины ряда данных примерно в два раза позволило обнаружить наличие статистически значимой отрицательной корреляции между потоком ГКЛ и количеством облаков среднего и верхнего ярусов, а также подтвердить наличие положительной корреляции между потоком ГКЛ и облаками нижнего яруса.

Следует также отметить высокие значения корреляции влагозапаса атмосферы с солнечной активностью (-0.48) и потоком ГКЛ: 0.70 (Оулу) и 0.68 (Москва). Эта зависимость аналогична зависимости для количества облаков нижнего яруса. Это объясняется тем, что основная часть водяного пара в атмосфере располагается в нижней части тропосферы и определяет благоприятные условия образования облаков нижнего яруса (коэффициенты влагозапаса атмосферы с количеством облаков нижнего, среднего и верхнего ярусов корреляции соответственно равны: 0.64, -0.64, -0.76). Из этих данных можно сделать предположение, что ГКЛ оказывают влияние именно на содержание водяного пара в атмосфере, посредством которого в конечном счете изменяется количество облаков.

Таким образом, циклические 11-летние изменения глобального количества облаков вызывают модуляцию потока солнечного излучения, поступающего к поверхности Земли, с амплитудой около 10 Вт/м^2 , что на порядок больше 11-летней вариации солнечной постоянной (около 0.5 Вт/м^2) [3]. Как показывают данные проведенного анализа, коэффициент корреляции температуры подстилающей поверхности с солнечной активностью составляет -0.43, а с потоком ГКЛ только 0.08 (Оулу) и 0.18 (Москва). Низкая корреляция температуры поверхности с потоком ГКЛ свидетельствует о том, что облачность не является единственным фактором, определяющим температуру земной поверхности (коэффициенты корреляции температуры поверхности с количеством облаков нижнего, среднего и верхнего ярусов составляют -0.23, 0.45, 0.27, соответственно).

- [1] Hahn C.J., Rossow W.B., Warren S.G. ISCCP cloud properties associated with standard cloud types identified in individual surface observations // J. Climate, 2001, v.14., p.11-28.
- [2] Svensmark H. Influence of cosmic rays on climate // Phys. Rev. Lett., 1998, v.81, p.5027.
- [3] Чукин В.В. Корреляционные данные о связи между потоком космических лучей и глобальным количеством облаков // Фундаментальные исследования, 2007, №7, с.78-79.

**Оценка восстановленной части ряда
ежемесячных чисел Вольфа (1700–1849 гг.)
по характеристикам его достоверной части
(1849–2009 гг.) и температурным рядам**

Шибачев И.Г.

ИЗМИРАН, Троицк

Проводится сравнение восстановленной и достоверной частей ряда ежемесячных чисел Вольфа включающее оценку гладкости основных спектральных компонент, интегральные характеристики солнечных циклов и их статистические свойства. Отмечается несогласованность характеристик этих рядов. Дополнительно анализируются температурные данные включающие период минимума Дальтона. Около 1925 г. и далее отмечается тенденция к синхронизации температурных характеристик, т. е. при росте солнечной активности. Подобная ситуация наблюдается и до 1850 г. и при минимуме Дальтона. Возникают естественные вопросы о качестве восстановленной части ряда чисел Вольфа и достоверности минимума Дальтона.

**О возможном ускорении частиц в короне
на фазе спада вспышек**

Выборнов В.И., Лившиц М.А.

ИЗМИРАН, Москва

Оглавление

<i>Абдусаматов Х.И.</i> Двухвековое снижение солнечной постоянной ведёт к глубокому похолоданию климата	3
<i>Абдусаматов Х.И., Богоявленский А.И., Лаповок Е.В., Ханков С.И.</i> Влияние на климат Земли вариаций оптических и радиационных характеристик атмосферы	4
<i>Абдусаматов Х.И., Богоявленский А.И., Лаповок Е.В., Ханков С.И.</i> Диагностика климата Земли по пепельному свету Луны	5
<i>Абрамов-Максимов В.Е., Гельфрейх Г.Б., Шибасаки К.</i> Коротко-периодические колебания микроволнового излучения солнечных пятен и вспышечная активность	6
<i>Авакян С.В.</i> Каналы воздействия космофизических факторов на погодно-климатические характеристики	6
<i>Агалаков Б.В., Борисевич Т.П., Опейкина Л.В., Петерова Н.Г., Топчило Н.А.</i> Активная область NOAA 7123 «глазами» VLA, РАТАН-600, ССРТ и БПР: расхождение результатов и его возможные причины	8
<i>Ажмаров А.А., Ажмаров К.А.</i> Угловые и временные вариации потока солнечных нейтрино	9
<i>Артамонова И.В., Веретененко С.В.</i> Влияние вариаций потоков космических лучей на длительность элементарного синоптического периода	10
<i>Бадалян О.Г.</i> Пространственно-временное распределение северо-южной асимметрии солнечной активности	10
<i>Бакунина И.А., Мельников В.Ф.</i> Межпятенные микроволновые источники: классификация, механизмы излучения, связь со вспышками	11
<i>Балыбина А.С., Караханян А.А.</i> Опыт индикации геомагнитной активности дендрохронологическими методами на территории Восточной Сибири	12
<i>Баранов А.В.</i> Расчет профилей Стокса линий со сложным расщеплением и малым фактором Ланде в спектрах солнечных пятен	13
<i>Баранов А.В., Можаровский С.Г.</i> О величине напряженности магнитного поля в элементах тонкой структуры солнечной атмосферы	14
<i>Барановский Э.А., Таращук В.П., Владимирский Б.М.</i> Колба Фиц-роя (штормглас) как индикатор вариаций космической погоды — новые данные	15
<i>Баринов А.В., Мельников В.Ф.</i> Корреляция наклона частотного спектра и степени поляризации микроволнового излучения вспышечных петель	15

<i>Беневоленская Е.Е.</i> Динамика спокойного Солнца по данным космической обсерватории SDO	16
<i>Биленко И.А.</i> Магнитные поля в циклах солнечной активности	17
<i>Богод В.М., Ступишин А.Г., Яснов Л.В.</i> Исследование высотной структуры активной области с использованием многоволновых радио наблюдений	17
<i>Будник А.И., Полявин Д.И.</i> Анализ трехмерной структуры гелиосферного токового слоя	18
<i>Вальчук Т.Е.</i> Солнечный ветер эпохи минимума — фрактальный анализ	19
<i>Вальчук Т.Е., Кононова Н.К.</i> Тропосферная циркуляция северного полушария в минимуме 23 цикла	20
<i>Веретенко С.В., Огурцов М.Г.</i> О возможных причинах пространственно-временной изменчивости эффектов солнечной активности в циркуляции нижней атмосферы	21
<i>Вернова Е.С., Тясто М.И., Баранов Д.Г.</i> Периодичности изменения фотосферных магнитных полей разной величины	22
<i>Владимирский Б.М.</i> Большие Минимумы солнечной активности и социодинамика культуры	23
<i>Волобуев Д.М.</i> Гипотеза о формировании полоидального магнитного поля Солнца	23
<i>Волобуев Д.М., Наговицын Ю.А.</i> Моменты минимумов 11-летних циклов в эпоху между глобальными минимумами Шперера и Маундера	24
<i>Возмьянин М.В., Полявин Д.И.</i> Восстановление межпланетного магнитного поля по геомагнитным наблюдениям	25
<i>Georgieva K., Kirov B.</i> Gnevyshev gap and Spörer law	25
<i>Горшков В.Л.</i> Геомагнитные джерки и вариации параметров вращения Земли	26
<i>Гриб С.А.</i> Может ли обратная ударная волна возникать в солнечном ветре в магнитослое перед магнитосферой Земли?	27
<i>Давыдов В.В.</i> Северо-южная асимметрия площадей солнечных пятен и солнечно-земные связи	28
<i>Дергачев В.А.</i> Изменение климата, естественные факторы и человеческая активность	28
<i>Дивлекеев М.И.</i> Морфология субвспышек по изображениям аппаратов STEREO	29
<i>Ерофеев Д.В., Ерофеева А.В.</i> Изменения размеров групп пятен в ходе солнечного цикла и на большой шкале времени	30
<i>Еселевич В.Г.</i> Законы для солнечного ветра, справедливые на любой фазе цикла солнечной активности, как один из итогов Ассамблеи COSPAR 2010	31

<i>Еселевич М.В., Еселевич В.Г.</i> Некоторые особенности в развитии возмущенной зоны и ударной волны впереди коронального выброса массы	32
<i>Ефремов В.И., Парфиненко Л.Д., Соловьёв А.А.</i> Новые результаты исследований колебаний солнечного пятна как целого полученные по данным MDI(SOHO) и HMI(SDO)	32
<i>Зайцев В.В., Кислякова К.Г., Алтынцев А.Т., Мешалкина Н.С.</i> Об эффекте сильного возрастания электрического тока в корональных магнитных петлях во время солнечных вспышек	33
<i>Зимовец И.В., Струминский А.Б.</i> Наблюдения процессов квазипериодического энерговыделения в солнечных вспышках	34
<i>Злотник Е.Я., Зайцев В.В., Алтынцев А.Т.</i> О проблеме поляризации солнечного радиоизлучения с зебра-структурой	35
<i>Золотова Н.В., Появлин Д.И.</i> Моделирование солнечных циклов импульсами активности	36
<i>Иванов В.Г., Милецкий Е.В.</i> О широтном распределении пятенной активности Солнца	37
<i>Иванов Е.В.</i> Роль крупномасштабного магнитного поля Солнца в генерации корональных выбросов массы	38
<i>Исханов Р.Н., Иванов В.Г.</i> Особенности дифференциального вращения Солнца в 19-23 циклах активности	38
<i>Исханов Р.Н., Прокудина В.С.</i> Комплексное исследование вспышечной активности и движения пятен в группах СД 418 и 420 за 1980 год	39
<i>Исханов Р.Н., Тавастшерна К.С.</i> Особенности широтной и долготной эволюции корональных дыр в 11-летних солнечных циклах. II	40
<i>Ишков В.Н.</i> Активные явления начального этапа развития текущего 24 цикла солнечной активности	41
<i>Калинин А.А.</i> Линии нейтрального кислорода в солнечных протуберанцах	41
<i>Кацова М.М., Мишенина Т.В.</i> Активность К-звёзд с разными скоростями вращения	42
<i>Kirov B., Georgieva K.</i> Space weather and its effects on spacecraft charging	43
<i>Киселев В.Б., Киселев В.В.</i> Индекс рекуррентной асимметрии пятнообразования полушарий Солнца	43
<i>Кичатинов Л.Л., Олемской С.В.</i> Гистерезис в динамо и глобальные минимумы солнечной активности	44
<i>Кичигин Г.Н., Мирошниченко Л.И., Сидоров В.И., Язев С.А.</i> Комплексный анализ крупного солнечного события 23 июля 2002 года: модель источника частиц высоких энергий	45

<i>Ковалев В.А., Вальчук Т.Е., Ишков В.Н., Костюченко И.Г., Савченко М.И., Чариков Ю.Е.</i> Режимы нагрева и «испарения» плазмы во время солнечной вспышки 05.07.2009	46
<i>Дергачев В.А., Кудрявцев И.В., Наговицын Ю.А., Огурцов М.Г., Юнгнер Х.</i> Долговременные изменения относительной концентрации радиоуглерода в кольцах деревьев и эффект Зюсса	47
<i>Кулагин Е.С.</i> Основные результаты наблюдений с Узкополосным перестраиваемым фильтром	48
<i>Куприянова Е.Г., Мельников В.Ф.</i> Особенности квазипериодических пульсаций микроволнового излучения в пространственно разнесённых участках солнечной вспышки	49
<i>Лейко У.М.</i> Особенности северо-южной асимметрии солнечной активности	50
<i>Лепишников Д.Х., Пархоменко А.В., Тлатов А.Г.</i> Создание каталога характеристик групп солнечных пятен за период 1854–1873 гг.	50
<i>Лившиц М.А., Кашапова Л.К.</i> Физика постэруптивных аркад: наблюдательный аспект	51
<i>Лозицкий В.Г., Андриец Е.С.</i> Сопоставление магнитных полей в слабых солнечных вспышках, измеренных по линиям фотосферы и хромосферы	52
<i>Лозицкий В.Г., Ботыгина О.А.</i> Антикореляция магнитных полей, измеренных в активных протуберанцах по линиям водорода и гелия	53
<i>Лотова Н.А., Владимирский К.В., Обридж В.Н.</i> Аномальные особенности 23-го солнечного цикла	54
<i>Макарова В.В.</i> Сценарий 24 цикла пятен согласно свойствам 24 поллярного цикла	54
<i>Манкаева Г.А., Михалев Б.Б.</i> Моделирование корональных магнитных аркад, способных поддерживать волокно	55
<i>Мерзляков В.Л., Старкова Л.И.</i> Особенности токовой системы солнечной короны эпохи минимума	56
<i>Мерзляков В.Л.</i> Медленные динамические процессы над активной областью	57
<i>Милецкий Е.В., Иванов В.Г.</i> Тонкая структура широтно-временной эволюции крупномасштабного магнитного поля Солнца	58
<i>Моргачев А.С., Поляков В.Е., Мельников В.Ф.</i> Динамика частотного спектра и степени поляризации микроволнового излучения солнечных вспышечных петель	58
<i>Мордвинов А.В., Крамынин А.П.</i> Долговременные изменения активности Солнца и великие минимумы	60
<i>Mošna Z., Koucká Knížová P., Kouba D., Georgieva K., Kirov B.</i> The effects of different solar drivers on the ionosphere	61

<i>Мышьяков И.И., Руденко Г.В., Кашапова Л.К., Мешалкина Н.С.</i> Моделирование гиротронного излучения солнечной вспышки 2 мая 2007 года с использованием экстраполяции магнитного поля в бессилом приближении	62
<i>Наговицын Ю.А.</i> Закономерности поведения солнечной активности на длительной временной шкале	62
<i>Наговицын Ю.А.</i> Исправление наблюдаемых среднемесячных чисел полярных факелов за функцию видимости по данным четырех обсерваторий	63
<i>Наговицын Ю.А., Наговицына Е.Ю., Абрамов-Максимов В.Е.</i> Дол- гопериодические колебания солнечных пятен в оптическом и ра- дио диапазонах по данным SOHO и Nobuyama	63
<i>Наговицын Ю.А., Рыбак А.Л.</i> «Проблема Ливингстона» и длитель- ные изменения средних физических характеристик солнечных пя- тен	64
<i>Накаряков В.М.</i> Колебания и волны в короне Солнца	65
<i>Назатова Г.Г., Кудрявцев И.В.</i> К вопросу о реконструкции энер- гетических спектров ускоренных во время солнечных вспышек электронов, на основе данных по тормозному рентгеновскому из- лучению	66
<i>Никулин И.Ф.</i> Агент солнечно-земных связей	66
<i>Никулин И.Ф.</i> Корональные проборы как элемент крупномасштаб- ной структуры атмосферы Солнца	67
<i>Огурцов М.Г.</i> Временная эволюция статистических закономерностей пятнообразовательной деятельности Солнца	67
<i>Ogurtsov M.G., Jungner H., Oinonen M., Helama S., Lindholm M.</i> Pa- leoclimatological evidence for abnormal temperature rise at extrat- ropical part of the Northern Hemisphere over 1988–2008	68
<i>Орешина А.В., Сомов Б.В.</i> Об учёте теплопроводности при модели- ровании солнечных вспышек	68
<i>Петерова Н.Г., Топчило Н.А., Рябов Б.И., Безруков Д.А.</i> Характе- ристики источника циклотронного излучения над активной обла- стью NOAA 10325	69
<i>Подгорный А.И., Подгорный И.М.</i> О проблемах МГД моделирования предвспышечной ситуации в реальном времени	70
<i>Подгорный И.М., Подгорный А.И.</i> Динамика магнитного поля ак- тивной области в предвспышечном состоянии и во время вспышки	71
<i>Попов В.В., Ким И.С., Суянова Э.З.</i> Поляриметрия протуберанца 29 марта 2006 г.	72
<i>Попова Е.П., Соколов Д.Д.</i> Солнечный цикл по данным наблюдений и теория динамо	73

<i>Порфирьева Г.А., Якунина Г.В., Орешина А.В.</i> Взаимодействующие волокна на Солнце и сопутствующие им события	73
<i>Прокудина В.С., Ермолаев Ю.И., Сливка М.</i> Геоэффективность солнечных вспышек с мощными всплесками жесткого рентгеновского излучения	74
<i>Пузыня В.М., Мельников В.Ф.</i> Взаимосвязь тепловой и нетепловой компонент микроволнового излучения вспышечной петли	75
<i>Пятигорский А.Г., Пятигорский Г.А.</i> Прогнозирование солнечной активности посредством нелинейного регрессионного частотно-временного анализа ряда чисел Вольфа	76
<i>Рагульская М.В., Вишневский В.В., Обриджо В.Н., Сычев А.С.</i> Адаптационные технологии сердца человека под влиянием космогеофизических факторов	76
<i>Распопов О.М., Дергачев В.А.</i> Роль атмосферной циркуляции в климатическом отклике на воздействие долговременной солнечной активности	78
<i>Резникова В.Э.</i> Наблюдения и интерпретация квазипериодических пульсаций с дрейфом периода	78
<i>Резникова В.Э., Мельников В.Ф.</i> Динамика системы микроволновых вспышечных петель в двухленточной вспышке	79
<i>Ривин Ю.Р.</i> Детализация спектра магнитного поля Солнца как звезды и её интерпретация	80
<i>Ривин Ю.Р.</i> Механизмы генерации циклических вариаций магнитного поля Солнца по данным наблюдений	81
<i>Ривин Ю.Р.</i> Фазовые соотношения 11-летних изменений галактических космических лучей и магнитных полей Солнца как инструмент определения области модуляции ГКЛ	82
<i>Ривин Ю.Р.</i> Циклические вариации общего магнитного поля Солнца и рекуррентной геомагнитной активности	83
<i>Руденчик Е.А., Кожеватов И.Е.</i> Новая версия спектромагнитографа ИЗМИРАН	84
<i>Рыжов В.С., Жильцов А.В., Смирнова В.В.</i> Разработка и реализация различных новых методик наблюдений динамических явлений в активных областях на Солнце в миллиметровом диапазоне на телескопе РТ-7,5 МГТУ им. Н.Э. Баумана	84
<i>Савченко М.И., Склярова Е.М., Чариков Ю.Е.</i> Тепловые вспышки: нагрев плазмы и (или) ускорение заряженных частиц	85
<i>Середжисов Р.Т., Дормидонтов Д.В.</i> Система автоматической наводки и гидирования солнечного патрульного телескопа	86
<i>Скоморовский В.И., Трифонов В.И., Машнич Г.П., Загайнова Ю.С., Файнштейн В.Г., Кушталь Г.И., Чупраков С.А.</i> Солнечная корона во время затмения 1 августа 2008 г.	87

<i>Смирнова А.С., Снегирев С.Д., Шейнер О.А.</i> Об усилении долгопериодных пульсаций геомагнитного поля накануне геоэффективных солнечных вспышек	88
<i>Смирнова В.В., Нагнибеда В.Г., Рыжов В.С., Жильцов А.В., Riehoakainen A., Kallunki J.</i> Результаты наблюдений активных областей на Солнце в миллиметровом диапазоне на телескопах РТ-7,5 МГТУ им. Н.Э. Баумана и РТ-14 обсерватории Метсахови (Финляндия)	89
<i>Соколов Д.Д., Ланца А., Мосс Д.</i> Солнечные и звездные динамо в свете полярных первых баттерфляй-диаграмм звезд	90
<i>Соловьёв А.А.</i> Динамика скрученных магнитных силовых трубок (жгутов) и особенности вспышечного пересоединения в этих структурах	91
<i>Соловьёв А.А., Киричек Е.А.</i> Магнитный шар в однородном поле сил тяжести: новое точное решение	91
<i>Соловьёв А.А., Киричек Е.А.</i> Моделирование корональных стримеров на основе решения обратной задачи магнитогидростатики	92
<i>Сотникова Р.Т.</i> Вариации энергетического спектра рентгеновских вспышек активных областей разных классов в течение трех циклов СА	92
<i>Степанов Д.И., Понявин Д.И.</i> Роль меридиональной циркуляции в моделях солнечного динамо	93
<i>Струминский А.Б.</i> Наблюдение радиоизлучения на частоте 245 МГц как индикатор нового режима ускорения электронов и нагрева плазмы	94
<i>Сыч Р.А., Накаряков В.М., Анфиногентов С.А., Шибасаки К.</i> Исследование частотных дрейфов трехминутных колебаний микроволнового излучения над солнечными пятнами	95
<i>Тавастшерна К.С., Поляков Е.В.</i> Характеристики корональных дыр по данным обработки EIT синоптических карт	96
<i>Тлатов А.Г.</i> Роль сил Лоренца в формирование корональной аркады двухленточных вспышек	96
<i>Тлатов А.Г., Васильева В.В.</i> Изменение транспортных свойств атмосферы Солнца по данным обработки столетних наблюдений в линии КПСa	97
<i>Файнштейн В.Г., Степанян Н.Н., Руденко Г.В., Малащук В.М., Кашапова Л.К.</i> Магнитные поля в корональных дырах с активными областями	97
<i>Чариков Ю.Е.</i> Поляризация жёсткого рентгеновского излучения вспышек и проблема углового распределения ускоренных частиц	98

<i>Чернов Г.П., Фомичев В.В., Файнштейн С.М.</i> Сложные формы зebra-структуры в солнечном радиоизлучении и новые механизмы генерации	100
<i>Шейнер О.А., Фридман В.М.</i> Явления в радиоизлучении Солнца, предшествующие регистрации корональных выбросов массы	101
<i>Обриджо В.Н., Шельтинг Б.Д.</i> Корональные дыры и высокоскоростные потоки солнечного ветра	102
<i>Шрамко А.Д., Гусева С.А.</i> Исследование радиоизлучения корональных дыр в минимуме активности Солнца по частному затмению 01.08.2008 г. на ГАС ГАО РАН	103
<i>Шрамко А.Д., Дормидонтов Д.В.</i> Регистрация всплеска 01.08.2010 г. в радиодиапазоне и его отклик на магнитометре поля Земли	103
<i>Григорьева И.Ю., Лившиц М.А., Боровик В.Н., Кашапова Л.К.</i> Эволюция активной области AR 10898 перед вспышкой 6 июля 2006 по данным микроволновых и рентгеновских наблюдений	104
<i>Ишков В.Н., Кукса Ю.И., Теодосиев Д., Шибасев И.Г.</i> Непосредственный отклик на солнечные вспышки по данным магнитометрического комплекса: проект «Шуман»	105
<i>Кальтман Т.И.</i> О соотношении вкладов обыкновенной и необыкновенной моды циклотронного излучения пятенного источника	106
<i>Князева И.С., Каримова Л.М., Макаренко Н.Г.</i> О природе мультифрактального скейлинга MDI-магнитограмм	107
<i>Кузанын К.М., Гао Ю., Чжан Х.</i> Взгляд на солнечное динамо по трем компонентам магнитного поля и их спиральным характеристикам	108
<i>Минасянц Г.С., Минасянц Т.М.</i> Свойства корональных выбросов, образующихся на видимой и противоположной сторонах Солнца	109
<i>Семилетова Ю.В., Наговицын Ю.А., Анисимов В.В., Мацко Д.Е.</i> О влиянии солнечной активности на темпы опухолевой прогрессии первичных меланом кожи человека	109
<i>Хлыстов А.И., Сомов Б.В.</i> Прогноз 24-го цикла по количеству беспятенных дней в предшествующем минимуме	110
<i>Цап Ю.Т., Копылова Ю.Г.</i> Течение Свита-Паркера и эвакуация плазмы из токового слоя	111
<i>Чукин В.В., Кузьминых Е.В.</i> Корреляционные связи между солнечной активностью и глобальными метеорологическими полями	112
<i>Шибасев И.Г.</i> Оценка восстановленной части ряда ежемесячных чисел Вольфа (1700–1849 гг.) по характеристикам его достоверной части (1849–2009 гг.) и температурным рядам	114
<i>Выборнов В.И., Лившиц М.А.</i> О возможном ускорении частиц в короне на фазе спада вспышек	114

Список авторов

- Абдусаматов Х.И., 3–5
Абрамов-Максимов В.Е., 5, 63
Авакян С.В., 6
Агалаков Б.В., 8
Акмаров А.А., 9
Акмаров К.А., 9
Алтынцев А.Т., 33, 35
Андриец Е.С., 52
Анисимов В.В., 109
Анфиногентов С.А., 95
Артамонова И.В., 10
Бадалян О.Г., 10
Бакунина И.А., 11
Балыбина А.С., 12
Баранов А.В., 13, 14
Баранов Д.Г., 22
Барановский Э.А., 15
Баринов А.В., 15
Безруков Д.А., 69
Беневоленская Е.Е., 16
Биленко И.А., 17
Богод В.М., 17
Богоявленский А.И., 4, 5
Борисевич Т.П., 8
Боровик В.Н., 104
Ботыгина О.А., 53
Будник А.И., 18
Вальчук Т.Е., 19, 20, 46
Васильева В.В., 97
Веретененко С.В., 10, 21
Вернова Е.С., 22
Вишневский В.В., 76
Владимирский Б.М., 15, 23
Владимирский К.В., 54
Волобуев Д.М., 23, 24
Вохмянин М.В., 25
Выборнов В.И., 114
Гао Ю., 108
Гельфрейх Г.Б., 5
Горшков В.Л., 26
Гриб С.А., 27
Григорьева И.Ю., 104
Гусева С.А., 103
Давыдов В.В., 28
Дергачев В.А., 28, 47, 78
Дивлекеев М.И., 29
Дормидонтов Д.В., 86, 103
Ермолаев Ю.И., 74
Ерофеев Д.В., 30
Ерофеева А.В., 30
Еселевич В.Г., 31, 32
Еселевич М.В., 32
Ефремов В.И., 32
Жильцов А.В., 84, 89
Загайнова Ю.С., 87
Зайцев В.В., 33, 35
Зимовец И.В., 34
Злотник Е.Я., 35
Золотова Н.В., 36
Иванов В.Г., 37, 38, 58
Иванов Е.В., 38
Ихсанов Р.Н., 38–40
Ишков В.Н., 41, 46, 105
Калинин А.А., 41
Кальтман Т.И., 106
Караханян А.А., 12
Каримова Л.М., 107
Кацова М.М., 42
Кашапова Л.К., 51, 62, 97, 104
Ким И.С., 72
Киричек Е.А., 91, 92
Киселев Б.В., 43
Киселев В.Б., 43
Кислякова К.Г., 33
Кичатинов Л.Л., 44
Кичигин Г.Н., 45
Князева И.С., 107

- Ковалев В.А., 46
 Кожеватов И.Е., 84
 Кононова Н.К., 20
 Копылова Ю.Г., 111
 Костюченко И.Г., 46
 Крамынин А.П., 60
 Кудрявцев И.В., 47, 66
 Кузанын К.М., 108
 Кузьминых Е.В., 112
 Кукса Ю.И., 105
 Кулагин Е.С., 48
 Куприянова Е.Г., 49
 Кушталь Г.И., 87
 Ланца А., 90
 Лаповок Е.В., 4, 5
 Лейко У.М., 50
 Лепшников Д.Х., 50
 Лившиц М.А., 51, 104, 114
 Лозицкий В.Г., 52, 53
 Лотова Н.А., 54
 Макаренко Н.Г., 107
 Макарова В.В., 54
 Малащук В.М., 97
 Манкаева Г.А., 55
 Мацко Д.Е., 109
 Машнич Г.П., 87
 Мельников В.Ф., 11, 15, 49, 58, 75, 79
 Мерзляков В.Л., 56, 57
 Мешалкина Н.С., 33, 62
 Милецкий Е.В., 37, 58
 Минасянц Г.С., 109
 Минасянц Т.М., 109
 Мирошниченко Л.И., 45
 Михалев Б.Б., 55
 Мишенина Т.В., 42
 Можаровский С.Г., 14
 Моргачев А.С., 58
 Мордвинов А.В., 60
 Мосс Д., 90
 Мышьяков И.И., 62
 Нагнибеда В.Г., 89
 Наговицын Ю.А., 24, 47, 62–64, 109
 Наговицына Е.Ю., 63
 Накаряков В.М., 65, 95
 Нахатова Г.Г., 66
 Никулин И.Ф., 66, 67
 Обридо В.Н., 54, 76, 102
 Огурцов М.Г., 21, 47, 67
 Олемской С.В., 44
 Опейкина Л.В., 8
 Орешина А.В., 68, 73
 Парфиненко Л.Д., 32
 Пархоменко А.В., 50
 Петерова Н.Г., 8, 69
 Подгорный А.И., 70, 71
 Подгорный И.М., 70, 71
 Поляков В.Е., 58
 Поляков Е.В., 96
 Понявин Д.И., 18, 25, 36, 93
 Попов В.В., 72
 Попова Е.П., 73
 Порфирьева Г.А., 73
 Прокудина В.С., 39, 74
 Пузыня В.М., 75
 Пятигорский А.Г., 76
 Пятигорский Г.А., 76
 Рагульская М.В., 76
 Распопов О.М., 78
 Резникова В.Э., 78, 79
 Ривин Ю.Р., 80–83
 Руденко Г.В., 62, 97
 Руденчик Е.А., 84
 Рыбак А.Л., 64
 Рыжов В.С., 84, 89
 Рябов Б.И., 69
 Савченко М.И., 46, 85
 Семилетова Ю.В., 109
 Середжинов Р.Т., 86
 Сидоров В.И., 45
 Складорова Е.М., 85
 Скоморовский В.И., 87

Сливка М., 74	Язев С.А., 45
Смирнова А.С., 88	Якунина Г.В., 73
Смирнова В.В., 84, 89	Яснов Л.В., 17
Снегирев С.Д., 88	Georgieva K., 25, 43, 61
Соколов Д.Д., 73, 90	Helama S., 67
Соловьёв А.А., 32, 91, 92	Kallunki J., 89
Сомов Б.В., 68, 110	Kirov B., 25, 43, 61
Сотникова Р.Т., 92	Kouba D., 61
Старкова Л.И., 56	Koucká Knížová P., 61
Степанов Д.И., 93	Lindholm M., 67
Степанян Н.Н., 97	Mošna Z., 61
Струминский А.Б., 34, 94	Oinonen M., 67
Ступишин А.Г., 17	Riehkainen A., 89
Суюнова Э.З., 72	
Сыч Р.А., 95	
Сычев А.С., 76	
Тавастшерна К.С., 40, 96	
Таращук В.П., 15	
Теодосиев Д., 105	
Тлатов А.Г., 50, 96, 97	
Топчило Н.А., 8, 69	
Трифонов В.И., 87	
Тясто М.И., 22	
Файнштейн В.Г., 87, 97	
Файнштейн С.М., 100	
Фомичев В.В., 100	
Фридман В.М., 101	
Ханков С.И., 4, 5	
Хлыстов А.И., 110	
Цап Ю.Т., 111	
Чариков Ю.Е., 46, 85, 98	
Чернов Г.П., 100	
Чжан Х., 108	
Чукин В.В., 112	
Чупраков С.А., 87	
Шейнер О.А., 88, 101	
Шельтинг Б.Д., 102	
Шибает И.Г., 105, 114	
Шибасаки К., 5, 95	
Шрамко А.Д., 103	
Юнгнер Х., 47, 67	