

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ГЛАВНАЯ (ПУЛКОВСКАЯ) АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ



СОЛНЕЧНАЯ И СОЛНЕЧНО-ЗЕМНАЯ ФИЗИКА 2019

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

7 – 11 октября 2019 года

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ



**Санкт-Петербург
2019**

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ГЛАВНАЯ (ПУЛКОВСКАЯ) АСТРОНОМИЧЕСКАЯ
ОБСЕРВАТОРИЯ

**СОЛНЕЧНАЯ
И СОЛНЕЧНО-ЗЕМНАЯ ФИЗИКА — 2019**

*XXIII ВСЕРОССИЙСКАЯ ЕЖЕГОДНАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ
ПО ФИЗИКЕ СОЛНЦА*

7 – 11 октября 2019 года

Санкт-Петербург
2019

Сборник содержит тезисы докладов, представленных на XXIII Всероссийскую ежегодную конференцию по физике Солнца «Солнечная и солнечно-земная физика — 2019» (7 – 11 октября 2019 года, ГАО РАН, Санкт-Петербург). Конференция проводится Главной (Пулковской) астрономической обсерваторией РАН при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 19-02-20010), секции «Солнце» Научного совета по астрономии РАН и секции «Плазменные процессы в магнитосферах планет, атмосферах Солнца и звёзд» 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*), Ю.А. Наговицын (*ГАО РАН, зам. председателя*), В.И. Абраменко (*КРАО*), В.М. Богод (*САО РАН*), К. Георгиева (*ИКСИ-БАН, Болгария*), В.А. Дергачев (*ФТИ РАН*), М.М. Кацова (*ГАИШ*), Л.Л. Кичатинов (*ИСЗФ СО РАН*), Н.Г. Макаренко (*ГАО РАН*), В.Н. Обридко (*ИЗМИРАН*), А.А. Соловьёв (*ГАО РАН*), Д.Д. Соколов (*МГУ*), А.Г. Тлатов (*ГАС ГАО РАН*).

Самоорганизованная критичность солнечного магнетизма

Абраменко В.И.

*Крымская астрофизическая обсерватория РАН, Научный, 298409,
Крым, e-mail: vabramenko@gmail.com*

Само-организация — это свойство нелинейной диссипативной системы, развивающееся спонтанно под действием внешних сил и обратных связей. Само-организация создает порядок из хаоса и ведет к уменьшению энтропии системы, в противоположность случайному процессу. Это спонтанный процесс, не требующий какого-либо контроля со стороны внешней силы. Внешняя сила зачастую порождает случайные флуктуации, которые усиливаются положительной обратной связью. В результате из множества микроскопических взаимодействий создаются макроскопические структуры. Важное свойство нелинейной диссипативной системы — перемежаемость в пространстве и во времени, что подразумевает, что система способна спонтанно переходить в состояние самоорганизованной критичности. Тогда малейший толчок способен спровоцировать взрыв-лавины любого масштаба.

Наш основной объект исследований — постоянно развивающаяся во времени и в пространстве турбулентная замагниченная плазма фотосферы и конвективной зоны, где идет процесс генерации и диссипации магнитного поля. Такая среда — идеальный пример самоорганизации со спонтанными переходами в критическое состояние, с неизбежными взаимодействиями на разных масштабах, с существенной ролью флуктуаций различных масштабов. В докладе обсуждаются новые подходы к пониманию процессов солнечного динамо, учитывающие свойства самоорганизации турбулентной плазмы конвективной зоны.

Активные области Солнца перед большими вспышками по данным РАТАН-600, NoRH и SDO

*Абрамов-Максимов В.Е.¹, Боровик В.Н.¹, Опейкина Л.В.²,
Тлатов А.Г.¹*

¹ ГАО РАН, Санкт-Петербург, e-mail: beam@gaoran.ru

² САО РАН, Нижний Архыз

Приводится обзор рассмотренных больших вспышечных событий XXIV цикла солнечной активности. Акцент сделан на предвспышечной

стадии эволюции активных областей. Рассмотрены такие признаки подготовки вспышки как развитие микроволнового источника, расположенного над нейтральной линией фотосферного магнитного поля, и изменение градиента магнитного поля.

К вопросу о наклоне спектра микроволновых источников над нейтральной линией магнитного поля

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

¹ ГАО РАН, Санкт-Петербург, e-mail: beam@gaoran.ru

² САО РАН, Нижний Архыз

Известно, что микроволновые источники, расположенные над нейтральной линией фотосферного магнитного поля, являются типичными для вспышечно-продуктивных активных областей. Для этих источников характерен большой наклон спектра по сравнению с источниками, расположенными над пятнами. В ранних работах, выполненным по данным наблюдений Солнца на РАТАН-600, были получены значения наклона спектра вплоть до 10 (например, Korzhavin, A.N., Gelfreikh, G.B., Vatrushin, S.M.: 1989, In: Teplitskaya, R.B. (ed.) *Solar Magnetic Fields and Corona, Proceedings of the XIII Consultation Meeting on Solar Physics, 26 September – 2 October, 1988, Odessa, 2, Nauka, Siberion Division, Novosibirsk, 119*). В работах, выполненных в недавнее время (например, Abramov-Maximov, V.E., Borovik, V.N., Opeikina, L.V. et al. *Sol Phys* (2015) 290: 53; Bogod, V.M., Kaltman, T.I., Yasnov, L.V.: 2012, *Astrophys. Bull.* 67, 425.) получены меньшие значения (3–5). Для выявления причин этого расхождения проведена повторная обработка рассмотренных в ранних работах событий.

Колебания в активных областях Солнца на предвспышечной стадии.

Абрамов-Максимов В.Е.¹, Бажукина И.А.²

¹*ГАО РАН, Санкт-Петербург, e-mail: beam@gaoran.ru*

²*НИУ ВШЭ, Нижний Новгород*

По данным наблюдений Солнца на радиогелиографе Нобеяма и SDO проанализированы колебательные процессы в активных областях на предвспышечной фазе. Выявлены случаи усиления мощности колебаний с различными периодами перед вспышками. Длительность цугов предвспышечных колебаний составляет 3-7 периодов колебаний.

Исследование суточного хода потока релятивистских электронов с энергиями более 2 МэВ на геостационарных орбитах

***Абунин А.А.^{1,2}, Абунина М.А.¹, Белов А.В.¹,
Гайдаш С.П.¹, Крякунова О.Н.^{3,4}, Николаевский Н.Ф.³,
Прямушкина И.И.¹***

¹*ИЗМИРАН, Москва, e-mail: abunin@izmiran.ru*

²*КалмГУ, Элиста*

³*Институт ионосферы, Алматы*

⁴*ФИАН, Москва*

Одной из основных задач солнечно-земной физики является прогнозирование суточного флюенса электронов с энергиями более 2 МэВ на геостационарной орбите. На данный момент существует достаточно много научных работ, которые посвящены исследованиям в этой области. В одних работах описываются предполагаемые механизмы генерации этих частиц; в других — исследуются различия в поведении потока электронов во время межпланетных возмущений, вызванных различными типами солнечных источников; в третьих — предлагаются модели прогнозирования суточного флюенса этих частиц. Цель же данной работы заключается в том, чтобы исследовать суточный ход потока рассматриваемых частиц. Это позволит более точно прогнозировать поведение этих релятивистских частиц магнитосферного происхождения.

Связь потока солнечных протонов с энергиями более 10 и 100 МэВ с магнитными потоками диммингов и постэруптивных аркад соответствующих солнечных эрупций

***Абунин А.А.^{1,2}, Абунина М.А.¹, Белов А.В.¹,
Гайдаш С.П.¹, Прямушкина И.И.¹, Трефилова Л.А.¹***

¹*ИЗМИРАН, Москва, e-mail: abunin@izmiran.ru*

²*КалмГУ, Элиста*

В последние годы было показано, что магнитный поток солнечных эрупций, рассчитанный по наблюдениям диммингов и постэруптивных аркад, тесно связан с величиной Форбуш-понижений и силой геомагнитных бурь, являющихся следствием этих эрупций. Поскольку в мощных спорадических событиях наблюдается комплекс взаимосвязанных явлений, включающий вместе с выбросами солнечного вещества эффективное ускорение, естественно ожидать связь магнитного потока эрупций и с величиной протонных возрастаний. В представляемой работе проверяется это предположение. Полный магнитный поток эрупций, а также его составные части, связанные с диммингами и аркадами сопоставляются с протонными событиями для энергий протонов >10 и >100 МэВ, наблюдавшимися на спутниках GOES, и наземными возрастаниями солнечных космических лучей

Форбуш-эффекты от возмущений солнечного ветра с различной структурой магнитного поля

***Абунина М.А.¹, Абунин А.А.^{1,2}, Белов А.В.¹,
Гайдаш С.П.¹, Прямушкина И.И.¹***

¹*ИЗМИРАН, Москва, e-mail: abunin@izmiran.ru*

²*КалмГУ, Элиста*

Эффективность межпланетных возмущений с различной структурой активно исследуется, поскольку эта тема фундаментально интересна и важна для практики. Чаще всего изучается связь структуры межпланетных возмущений с геомагнитной активностью. Однако немало работ и про влияние структуры ICMEs на модуляцию космических лучей, точнее на свойства Форбуш-понижений. Цель данной работы — выявить особенности и характерные черты межпланетных возмущений с разной структурой, основываясь на положении максимума ММП и понять как структура наблюдаемых возмущений связана с их эффективностью (способностью

создавать Форбуш-понижения в космических лучах и возрастания геомагнитной активности).

Мультимасштабное представление активных областей Солнца

Алексеев В.В.^{1,2}, Макаренко Н.Г.¹

¹ Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,

² ЯрГУ им. П.Г. Демидова, Ярославль,
e-mail: v.alekseev1@uniyar.ac.ru

Мультимасштабное (*scale space*) [1] представление магнитограммы представляет собой скалярную компоненту поля напряжённости, дополненную координатой масштаба: радиуса гауссовского ядра, с которым сворачивается поле исходных значений. На основе данного представления строится граф. Рёбра графа состоят из критических точек поля при различных значениях масштаба; вершинами являются топ-точки: точки, в которых принимает нулевое значение не только градиент, но и лапласиан. Следовательно, такое представление включает вырожденные особенности поля, такие как протяженные максимумы (хребты) и нелокальные минимумы (овраги).

Эволюция поля АО индуцирует изменение графа, построенного на топ-точках. В работе данный граф и его изменения рассматриваются как динамическая модель активной области.

[1] Lindeberg T. // *Scale-Space Theory in Computer Vision*, 1994.

Нелинейные неустойчивости пинчевого типа на границе разнополярных магнитных областей верхней хромосферы Солнца. Численное моделирование

Алексеева Л.М.¹, Кшевецкий С.П.²

¹НИИ ядерной физики им. Д.В.Скобелевца Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова (НИИЯФ МГУ), Москва, e-mail: l.m.alekseeva@yandex.ru

²Балтийский федеральный университет им. И. Канта (БФУ им. И. Канта), г. Калининград, e-mail: spkshev@gmail.com

Путем численного решения системы полностью самосогласованных 2D уравнений столкновительной магнитной гидродинамики исследовано возникновение различных неоднородностей в зоне контакта двух идентичных разнополярных магнитных областей, расположенных в верхней хромосфере, где силовые линии преимущественно горизонтальны. В начальный момент хромосферная плазма считалась повсюду неподвижной и имеющей одинаковую температуру 50000 К, поэтому картина неоднородностей, выявленная в настоящей работе и в других исследованиях [1],[2] данного цикла, позволяет судить о путях взаимодействия энергии между магнитным полем и плазмой. Показано, что перед тем, как вся пограничная зона магнитных областей станет турбулентной, в некоторых случаях успевают развиться четкие транзитные структуры, внешне схожие с реально наблюдаемыми. Установлено, что за них отвечают самопроизвольно возникающие глобальные (в масштабах магнитной конфигурации) потоки плазмы. Сделан вывод, что динамические явления, связанные с законом Бернулли, играют в физике хромосферы гораздо более значимую роль, чем принято думать.

[1] Алексеева Л.М., Кшевецкий С.П. // *Астрофиз. бюлл.*, 2011, т. 66, с. 76.

[2] Alekseeva L.M., Kshevetskii S.P. // *Solar Physics*, 2015, v. 290, p. 3295.

Корональные дыры на спаде активности 24-го цикла

Андреева О.А., Малащук В.М.

ФГБУН «Крымская астрофизическая обсерватория РАН»,
Научный, Россия, e-mail: olga@crao.crimea.ru

Текущий 24-й цикл солнечной активности существенно отличается от предыдущих циклов по ряду параметров. Так на спаде 24-го цикла имело

место два ярко выраженных интервала доминирования пятенной активности: сначала в южном, а затем в северном полушариях. Нас заинтересовало, что происходит с корональными дырами в этот период? В данной работе исследуются временные вариации площадей корональных дыр (КД) на спаде 24 цикла. Рассматриваются две группы КД: полярные и (средне- и низкоширотные). Сравнение вариаций площадей КД с различными характеристиками солнечной активности позволило выявить некоторые особенности их поведения в указанном временном интервале. Исследование базируется на данных инструмента Solar Dynamic Observatory / Atmospheric Imaging Assembly (SDO/AIA), канал 19.3 нм. Для локализации КД и определения их площадей использовалась база знаний Гелиофизических событий (Heliophysics Event Knowledgebase — НЕК).

Результаты исследования могут быть широко использованы в области создания методов прогноза эволюции солнечных образований, а также прогнозирования космической погоды, имеющей большое значение для человека, техно- и биосферы Земли.

Северо-южная асимметрия корональных дыр и солнечных пятен в период 2013-2015 гг.

Андреева О.А., Абраменко В.И., Малащук В.М.

*ФГБУН „<Крымская астрофизическая обсерватория
РАН> Научный, e-mail: olga@crao.crimea.ru*

В период с марта 2013 по декабрь 2015 гг. наблюдалось существенное преобладание числа пятен в южной полусфере. Основной целью данной работы было выяснить поведение корональных дыр (coronal holes, CH) в этот период. Исследование базируется на анализе данных, зарегистрированных Atmospheric Imaging Assembly (AIA), канал 19.3 нм, на борту Solar Dynamic Observatory (SDO). С помощью метода обнаружения CH (Spacia Possibilistic Clustering Algorithm — SPoCA) получены временные ряды ежедневных суммарных площадей CH для северного и южного полушарий Солнца. Сравнение полученных вариаций площадей CH с числами и площадями солнечных пятен позволило выявить, что в S-полусфере квази-одновременно преобладает активность как по пятнам, так и по суммарной площади CH. При этом возрастанию площади CH примерно на полгода предшествует возрастание пятенной активности.

Сделано предположение о том, что CH и пятна — это связанные элементы общей магнитной активности Солнца. Дипольное полоидальное поле, в виде открытых полей CH, и тороидальное поле, в виде активных областей, зависят друг от друга. Зависимость проявляется в одинаковой

северо-южной асимметрии и квази-синхронном поведении площадей пятен и СН в южном (доминирующем) полушарии в период второго максимума 24-го цикла.

Ключевые слова: Солнце: корональные дыры, солнечные пятна, северо-южная асимметрия, солнечная активность, солнечный цикл

Interplanetary response of the geomagnetic storms

Asenovski S.N.

Space Research and Technology Institute, Bulgarian Academy of Sciences, e-mail: asenovski@space.bas.bg

Solar activity and related geomagnetic disturbances determine the structure and modulate the processes in Earth's magnetosphere. The question about the response of the near Earth space to geomagnetic storms is still open. In this work, we consider if it is possible to detect any interplanetary disturbances caused by geomagnetic storms.

О связи корональных дыр средних и низких широт с общим магнитным полем Солнца

Ахтемов З.С.¹, Цап Ю.Т.^{1,2}, Ханейчук В.И.¹

¹*КрАО РАН, АР Крым, Научный e-mail: azis@craocrimea.ru, e-mail: han@solar.craocrimea.ru*

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

На основе ультрафиолетовых изображений и магнитограмм, полученных на спутнике Solar Dynamics Observatory, исследована связь между взвешенной суммарной площадью корональных дыр (КД) средних и низких широт ($|\varphi| < 60^\circ$) и общим магнитным полем (ОМП) Солнца за период с 19.01.2012 по 07.12.2012 гг. Показано, что границы КД, определенные с помощью алгоритмов СИМЕРА (<https://solarmonitor.org>) и SPoCA (<https://heliviewer.org>), существенно различаются. Коэффициент корреляции между взвешенной суммарной площадью КД, учитывающей знак их магнитного поля, и ОМП за указанный выше период лежит в пределах от 0.83 до 0.89. КД могут вносить существенный вклад в ОМП, поскольку их поля имеют открытую конфигурацию и не сбалансированы на солнечном диске. В свете теории солнечного динамо и полученных результатов обсуждаются годовые временные задержки между максимумами чисел Вольфа и значений ОМП.

Большой Лио-коронограф конструкции Никольского–Сазанова в Крымской астрофизической обсерватории

Бабин А.Н., Коваль А.Н.

*Крымская астрофизическая обсерватория РАН,
e-mail: babin@crao.crimea.ru*

Актуальной проблемой солнечной физики является исследование тонкой структуры и динамики солнечных активных образований. Для их изучения при помощи спектральных наблюдений с большой дисперсией и высоким пространственным разрешением по предложению М.Н. Гневешева был разработан и построен большой Лио-коронограф с дифракционным спектрографом. Оптическая схема и основная конструкция коронографа были разработаны Г.М. Никольским и А.А. Сазановым [1]. Кратко описывается история создания коронографа, приводятся основные оптические данные телескопа, а также ряд дополнительных оптических систем, установленных на коронографе Крымской астрофизической обсерватории, расширяющих диапазон получения наблюдательных данных. Оптическая схема коронографа обеспечивает лучшее качество изображений, чем башенные солнечные телескопы. Коронограф позволяет наблюдать солнечные образования с большим пространственным, временным и спектральным разрешением. Высококачественные монохроматические, спектральные и поляризационные наблюдения, полученные на коронографе, используются для изучения структурных, динамических и физических аспектов нестационарных солнечных образований. Большое внимание уделяется исследованию сильных солнечных вспышек, излучающих в оптическом континууме, и эруптивных вспышечных событий. Приводятся примеры спектрограмм, иллюстрирующих качество получаемых наблюдений.

[1] Никольский Г.М. и Сазанов А.А. // Астрон. Ж., 1966, т. 43, с. 868.

Предвспышечная динамика микроволнового и ультрафиолетового излучения в активных областях Солнца

Бакунина И.А.¹, Мельников В.Ф.², Моргачев А.С.³

¹ *Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Нижний Новгород, e-mail: rinbak@mail.ru*

² *Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, Санкт-Петербург, e-mail: v.melnikov@gaoran.ru*

³ *Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, e-mail: a.s.morgachev@mail.ru*

Исследована пространственная динамика микроволнового излучения (данные Радиогелиографа Нобеяма) активных областей перед мощными вспышками, а также тонкая структура активных источников ультрафиолетового (УФ) излучения на основе данных AIA/SDO. Установлена сильная нестационарность пространственного распределения радиояркости и интенсивности излучения в определенных участках активной области. Показано, что пространственная динамика микроволновых источников хорошо коррелирует с положением и появлением ярких УФ петель в линии 94\AA , т.е., с магнитными петлями, плазма в которых разогревается до высоких температур $\sim 10^7$ К. Из совместного анализа карт УФ и микроволнового излучения и карт магнитного поля (HMI/SDO) выявлено, что появление сильной нестационарности микроволновых источников происходит одновременно с возгоранием системы перекрещивающихся УФ петель (X-структур).

Сравнительный анализ наземных и спутниковых наблюдений фотосферного магнитного поля в приложении к моделированию параметров корональных дыр и солнечного ветра

Березин И.А.^{1,2}, Тлатов А.Г.^{1,2}

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

² *КалмГУ, Элиста*

С 2014 года на Кисловодской Горной Астрономической Станции (ГАС ГАО РАН) функционирует телескоп-магнитограф СТОП, осуществляющий измерения крупномасштабных магнитных полей с точностью ~ 0.3 Гаусса. Основное назначение телескопа — предоставление оперативных

прогнозов космической погоды. Определение параметров солнечного ветра на расстоянии 1 а.е. проводятся на основе эмпирической модели WSA, параметры корональных дыр определяются по данным расчёта областей с открытой магнитной конфигурацией. Для представления о качестве наземных наблюдений крупномасштабных магнитных полей, модели, использующиеся в прогнозах СТОП, применены к спутниковым магнитограммам SDO (HMI). Между результатами моделирования по наземным и спутниковым данным обнаружена высокая положительная корреляционная связь ($R > 0.9$). Также для наземных и спутниковых наблюдений исследована согласованность между рассчитанными параметрами корональных дыр и наблюдаемыми на снимках телескопа SDO/AIA193Å. И, кроме того, сопоставлены модельные расчёты скорости солнечного ветра на расстоянии 1 а.е. с измеренными спутником ACE значениями.

Влияние циклических изменений глобального магнитного поля Солнца на характеристики плазмы межпланетной среды

Биленко И.А.

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

Поскольку солнечная корона не находится в состоянии гидростатического равновесия, то имеет место постоянное распространение корональной плазмы в межпланетное пространство. Формируются потоки солнечного ветра, определяющие космическую погоду на орбите Земли и оказывающие большое влияние на земную магнитосферу. Эти потоки регулируются солнечными магнитными полями, так как электропроводность корональной плазмы очень высокая.

За последние четыре цикла накоплен большой объем наблюдательных данных как солнечных магнитных полей, так и параметров межпланетной плазмы. На основе данных наземных и космических обсерваторий проведено исследование закономерностей пространственных и временных вариаций параметров плазмы солнечного ветра. Рассмотрено влияние циклических изменений глобального магнитного поля Солнца на характеристики плазмы межпланетной среды. Рассчитаны параметры плазмы на разных расстояниях от Солнца и получены временные зависимости их изменений в 21-24 циклах солнечной активности. Исследованы зависимости параметров плазмы от величины и структурных изменений глобального магнитного поля с учетом циклических вариаций вклада полярного и

неполярного магнитных полей. Проведено сравнение параметров плазмы и их зависимостей от глобального магнитного поля для высоких и низких циклов солнечной активности. Результаты расчетов сопоставлены с непосредственными наблюдениями.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что состояние глобального магнитного поля является важнейшим фактором определяющим параметры межпланетной плазмы.

Проект реконструкции Гаванской радиоастрономической станции для задач службы Космической погоды

***Богод В.М.¹, Тлатов А.Г.², Кузьян К.М.³, Лесовой С.В.⁴,
Стороженко А.А.¹, Sierra P.⁵***

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

²ГАС ГАО, Кисловодск

³ИЗМИРАН, Москва, Троицк

⁴ИСЗФ СО РАН, Иркутск

⁵*Institute of Geophysics and Astronomy, Republic of Cuba*

Необходимость воссоздания Гаванской наблюдательной солнечной станции, которая состояла из оптического телескопа и радиоастрономических инструментов, сегодня диктуется важностью получения регулярного прогноза активности Солнца в широком диапазоне временных интервалов. Данный проект способствует также воссозданию Российской национальной наблюдательной сети Службы Солнца на основе наземных автоматизированных телескопов для непрерывных синоптических наблюдений солнечной активности, с новыми методиками анализа получаемых данных и прогнозирования состояния Космической Погоды, включенной в систему гелио-геофизического Мониторинга в Российской Федерации в рамках КПНИ <"Прикладные проблемы гелиогеофизики">.

Проект преследует следующие цели:

- Создание распределенной наземной наблюдательной сети, включающей наблюдательные пункты (модульные станции) в России и в западном полушарии (в Республике Куба) для мониторинга циклических и импульсных проявлений активности Солнца в максимально возможном долгом интервале.

- Заполнение суточного наблюдательного интервала в основных частотных диапазонах, включающих слежение в линиях К CaII и H-alpha, радионаблюдения в широком диапазоне частот от 2 ГГц до 24 ГГц, высокоточные наблюдения на волне 10.7 см и в метровом диапазоне волн.
- В основе проекта лежит создание ряда наземных наблюдательных пунктов на всем долготном протяжении России с включением пункта в Гаване, Куба. Основные функции этой сети службы Солнца будут независимы от космических наблюдений, но использующие их для контроля качества прогнозирования активности.
- Проект будет реализован на современных методах сбора данных и обмена информацией, как внутри создаваемой сети, так, и с существующими другими инструментами России, в которых ведутся измерения в оптическом и радиодиапазонах и будет иметь возможности использования данных крупных инструментов и спутниковых обсерваторий.

Сопоставление наблюдений и моделирование солнечной атмосферы над пятном по данным инструментов ALMA и РАТАН-600

***Вогод В.М.¹, Кальтман Т.И.¹, Лукичева М.А.¹,
Ступишин А.Г.²***

¹*Санкт-Петербургский Филиал Специальной Астрофизической
Обсерватории РАН, e-mail: vdog_spb@mail.ru*

²*Санкт-Петербургский государственный университет,
Санкт-Петербург*

Наблюдения на миллиметровых (ALMA) и коротких сантиметровых (РАТАН-600) волнах позволяют построить эмпирическую температурную модель атмосферы солнечного пятна от фотосферных до корональных слоев. Солнечные активные области, лежащие в основе всех энергетических явлений, влияющих на межпланетное пространство и землю, простираются от субфотосферных слоев до средней короны. Над фотосферой они наблюдаются только в экстремальном УФ (EUV) и в радиочастотном диапазоне. Радиочастотный диапазон остается уникальным в том, что касается простоты получения физических параметров (электронной плотности и температуры) излучения и его чувствительности к магнитному полю. Пятно является основным компонентом активной области, образующейся в сильном магнитном поле. Темное на уровне фотосферы, в более высоких

слоях пятно может выглядеть совсем иначе: оно может быть неразличимым на спокойном фоне или быть ярче его. Предполагается, что в атмосфере пятна происходит нагрев, связанный с сильным магнитным полем, но механизм этого нагрева и его величина мало изучены.

Наблюдения на миллиметровых волнах (ALMA) и сантиметровых (РАТАН-600), несущие информацию о хромосферных высотах и области перехода к короне, позволяют изучать эту малоизученную область атмосферы пятна. Знание высотного распределения температуры в атмосфере солнечного пятна чрезвычайно важно для понимания процесса переноса энергии от солнечной фотосферы до короны при наличии сильных магнитных полей. Изучение влияния магнитных полей на перенос энергии является задачей не только физики солнца, но и всей физики звезд, в частности, проблема актуальна для активных карликов с крупномасштабными магнитными полями, сопоставимыми с полями солнечных пятен.

Исследование долговременных изменений блеска у звёзд малых масс с сильными магнитными полями

Бондарь Н.И.¹, Кацова М.М.²

¹*Крымская астрофизическая обсерватория РАН, п. Научный,
e-mail: otbn@mail.ru*

²*Государственный астрономический ин-т им. П.К. Штернберга
МГУ им. М.В. Ломоносова*

Многочисленные проявления активности G–M карликов связаны с выходом магнитных полей на поверхность звезд. Обнаружение сильных (несколько kG) магнитных полей у частично или полностью конвективных звёзд малых масс с периодами вращения от долей суток до нескольких дней указывает на реализацию различных состояний режима работы динамо. Циклическая активность, отражающая детальный механизм генерации магнитного поля, может быть обнаружена лишь при длительном мониторинге переменности излучения звезды на протяжении нескольких десятков лет. Здесь важно проследить как эволюцию магнитных структур, так и поверхностные температурные неоднородности. Современные базы фотометрических данных позволяют изучать развитие активности звёзд на разных временных интервалах. Мы исследовали долговременные изменения блеска на интервалах в несколько десятилетий у четырёх красных карликов с сильными магнитными полями, имеющих периоды вращения менее 10 дней, с целью поиска циклов активности. У K-карликов OU Gem и EQ Vir найдены циклы длительностью 10 и 16 лет соответственно, сравнимые с солнечным циклом. У ранних M-карликов V1005 Ori и AU Mic

обнаружены продолжительные циклы длительностью 38 лет и 41 год и более короткие циклы – \sim 5–6 лет. Приводятся параметры найденных циклов и обсуждаются особенности их развития.

Вероятностный прогноз сильных возмущений магнитного поля Земли по характеристиками рентгеновских вспышек и корональных выбросов масс

Бруевич Е.А.^{1,2}, Буров В.А.², Очелков Ю.П.²

¹Государственный астрономический институт им. П.К.

Штернберга, Московский Государственный университет им.

М.В.Ломоносова (ГАИШ МГУ), Москва, e-mail: red-field@yandex.ru

²ИПГ им. Е.К. Федорова, Госкомгидромет, Москва

Анализируется связь солнечных событий взрывного характера с геомагнитными бурями и сопутствующими геофизическими явлениями. Для прогноза возмущений земной атмосферы в связи с рентгеновскими вспышками используются данные наблюдений GOES, в связи с корональными выбросами масс (СМЕ) используются наблюдения SOHO/ LASCO. Наблюдения SOHO подтверждают идею о том, что вспышки и СМЕ являются двумя проявлениями одного и того же процесса взрывного энерговыделения. Сильные геомагнитные возмущения ($D_{st} \leq -100$, $K_p \geq 7$) наиболее вероятно связаны с СМЕ типа гало, число которых по наблюдениям SOHO за последние 20 лет составляет несколько сотен (примерно 4% от всех СМЕ). Среднее значение скорости СМЕ (\bar{V}) составляет 490 км/с в 23-м цикле, в 24-м цикле \bar{V} равна примерно 340 км/с. В 24-м цикле по сравнению с 23-м изменяются и другие параметры СМЕ (частота появления, средние размеры, средняя масса, средняя кинетическая энергия – все параметры изменяются также в зависимости от фазы цикла). Показана возможность вероятностного прогноза величины $D_{st} \leq -100$, ≤ -120 – $P(D_{st} \leq -100)$ и $P(D_{st} \leq -120)$ из анализа связи между скоростью СМЕ и флюенсом рентгеновской вспышки (интегрированным потоком от начала вспышки до 1/2 максимального потока на спаде), а также возможность вероятностного прогноза $P(D_{st} \leq -100)$ и $P(D_{st} \leq -120)$ из анализа связи величины флюенса рентгеновской вспышки и величины связанного с ней протонного возрастания.

Гамма-излучение вызванное ядерным взаимодействием протонов, ускоренных во время солнечных вспышек

***Васильев Г.И., Богомолов Э.А., Лысенко А.Л.,
Овчинникова Е.П.***

ФТИ и.м. А.Ф.Иоффе, С.-Петербург, e-mail: gennadyivas@gmail.com

Часть ускоренных во время солнечных вспышек протонов выходит в межпланетное пространство. Удерживаемые в магнитных арках протоны взаимодействуют с ядрами солнечной фотосферы. В результате этого образуются гамма-кванты. Они, как и протоны, могут быть зарегистрированы с помощью космических аппаратов. Мы рассматриваем 30 солнечных вспышек в период 2006–2014 г.г. при которых в эксперименте PAMELA были определены спектры протонов с энергиями более 80 МэВ. Лишь в двух из этих вспышек наблюдалось превышение над фоном при энергиях более 1 МэВ в эксперименте Konus-Wind. Это может говорить о том, что число протонов, вышедших в межпланетное пространство в большинстве рассмотренных вспышек значительно превосходит число протонов участвующих в ядерных взаимодействиях.

Проведены расчеты угловых, энергетических и временных распределений гамма-квантов, выходящих в межпланетное пространство, для различных форм спектров протонов.

Влияние солнечно-геофизических факторов на состояние стратосферного полярного вихря

Веретененко С.В.¹, Огурцов М.Г.^{1,2}

¹*ФТИ РАН и.м. А.Ф. Иоффе, Санкт-Петербург,
e-mail: s.veretenenko@mail.ioffe.ru*

²*ГАО РАН, Санкт-Петербург, e-mail: maxim.ogurtsov@mail.ioffe.ru*

Стратосферный полярный вихрь является одним из наиболее важных связующих звеньев между циркуляцией нижней атмосферы во внетропических широтах и солнечной активностью, что обусловлено благоприятным широтным и высотным расположением области его формирования. Согласно данным [1], эволюция вихря оказывает существенное влияние на характер солнечно-атмосферных связей. В настоящей работе исследуются изменения интенсивности вихря (скорости ветра в стратосфере высоких широт) в зависимости от различных явлений, обусловленных солнечной активностью, на основе данных реанализа NCEP/NCAR [2]. Обнаружено резкое усиление скорости ветра в верхней и средней стратосфере в связи с

мощными солнечными протонными событиями в январе 2005 г. и октябрь-ноябре 2003 г. Показано, что возможным фактором интенсивности полярного вихря на мультидекадной временной шкале является геомагнитная активность, связанная с эволюцией крупномасштабных магнитных полей на Солнце. Отмечается значительное усиление вихря в период увеличения повторяемости больших и умеренных магнитных бурь с постепенным началом (~1980-2000 гг.) и ослабление в период уменьшения повторяемости этих бурь (~1950-1980 гг.). Результаты проведенного исследования подтверждают предположение о важной роли стратосферного полярного вихря в механизме солнечно-атмосферных связей.

- [1] Veretenenko S.V., Ogurtsov M.G. // Geomagn. Aeron., 2018, v. 58, p. 973.
[2] Kalnay E. et al. // Bull. Amer. Meteorol. Soc., 1996, v. 77, p. 437.

**Долговременные изменения годовой частоты
повторяемости магнитных бурь с внезапным
и постепенным началом по данным обсерваторий
ИЗМИРАН и Слущк (Павловск)**

Веретененко С.В.¹, Огурцов М.Г.^{1,2}, Обриджо В.Н.³

¹ ФТИ РАН им. А.Ф. Иоффе, Санкт-Петербург,
e-mail: s.veretenenko@mail.ioffe.ru

² ГАО РАН, Санкт-Петербург, e-mail: maxim.ogurtsov@mail.ioffe.ru

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

Исследованы долговременные изменения годовой частоты повторяемости магнитных бурь с внезапным и постепенным началом на основе данных магнитных обсерваторий ИЗМИРАН и Слущк (Павловск) за период 1878-2015 гг. Показано, что повторяемости больших и умеренных магнитных бурь с постепенным началом характеризуются четко выраженной изменчивостью на мультидекадной временной шкале. Вейвлет-спектры частот повторяемости указанных бурь обнаруживают доминирующую периодичность ~36 лет (цикл Брюкнера). Также на всем исследуемом временном интервале наблюдаются периодичности ~60 и ~90 лет. В частотах повторяемости магнитных бурь с внезапным началом, как больших и умеренных, так и малых, доминирует периодичность ~11 лет, при этом долговременная изменчивость выражена слабо. Полученные результаты свидетельствуют о различном характере эволюции локальных и глобальных

магнитных полей на Солнце, ответственных за солнечные агенты (выбросы корональной массы и высокоскоростные потоки из корональных дыр, соответственно), вызывающие развитие бурь с внезапным и постепенным началом.

Долготная асимметрия солнечной активности и правило Гневывшева-Оля

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

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

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

Проведено исследование неосесимметричной компоненты солнечной активности за 13 солнечных циклов. Использовались данные по площади солнечных пятен (Greenwich – USAF/NOAA, 1874 – 2016). Для выделения неосесимметричной компоненты использовался метод векторного суммирования площадей солнечных пятен, что позволило ослабить влияние равномерно распределенной по долготе стохастической компоненты и выделить устойчивую неосесимметричную компоненту солнечной активности. Для каждого эррингтоновского оборота вычислялся суммарный вектор долготной асимметрии с модулем, определяющим величину асимметрии, и фазой, указывающей на активную долготу.

Установлено отличие временного хода площади солнечных пятен от временного хода долготной асимметрии (модуль вектора). Для площади солнечных пятен правило Гневывшева – Оля (в формулировке нечетный цикл выше предыдущего четного) выполняется для 10 солнечных циклов (12 – 21 циклы), и нарушается только для пары 22 – 23 циклы. Для долготной асимметрии правило Гневывшева – Оля выполняется для первой пары из 4 циклов, а для следующей пары выполняется анти-правило Гневывшева – Оля (нечетный цикл ниже предыдущего четного). Такая структура из 4 солнечных циклов сохраняется на протяжении 12 циклов, что возможно указывает на существование 44-летних изменений в солнечной активности.

Помимо особенностей временных изменений модуля вектора долготной асимметрии рассмотрены закономерности изменения фазы (активной долготы) в ходе солнечного цикла. Показано, что локализация активной долготы для площади солнечных пятен изменяется как при смене полярностей глобальных магнитных полей (инверсия полярного поля), так и при смене полярностей локальных магнитных полей в минимуме солнечной активности. Максимум долготного распределения приходится на 180°

для периода от минимума до инверсии и на $0^\circ/360^\circ$ для периода от инверсии до минимума.

Горизонты предсказуемости солнечной активности

Волобуев Д.М.¹, Макаренко Н.Г.¹

¹ ГАО РАН, С.-Петербург, e-mail: dmitry.volobuev@mail.ru

Хаотическая компонента индексов солнечной активности затрудняет ее прогноз на длительные времена. При этом имеющиеся реконструкции ежегодных (более 400 лет) и декадных (более 9000 лет) значений представляют богатую статистику, на основании которой некоторые авторы дают прогнозы на сотни и даже тысячи лет. Насколько оправданы такие прогнозы? Насколько вообще возможно прогнозировать солнечную активность? Эти вопросы относятся больше к описанию динамической системы, продуцирующей данные, на языке информации и энтропии, нежели к аспектам практического предсказания.

В данной работе мы используем известные реконструкции полного потока излучения Солнца (TSI) по оптическим наблюдениям (с 1610 г.) и по радиоуглероду (с 7362 г. BC) для оценки максимального показателя Ляпунова одиннадцатилетних и вековых циклов соответственно, с помощью классического алгоритма Вольфа (1985 г.).

Мы получили статистически значимые положительные значения показателя Ляпунова для обоих циклов, и, таким образом, конечный горизонт предсказуемости. С учетом ошибок реконструкций горизонт предсказуемости составляет 8-12 лет для 11-летних циклов и 30-40 лет для вековых циклов.

Инвертированная во времени реконструкция 11-летних циклов TSI имеет более близкий горизонт предсказуемости в прошлое, 5-9 лет, что может объясняться большей неопределенностью и неоднородностью наблюдений в 17-18 веках по сравнению с настоящим временем.

При этом инвертированная во времени реконструкция вековых циклов TSI имеет примерно вдвое более далекий горизонт предсказуемости в прошлое, 70-100 лет, что трудно объяснить особенностями реконструкции. Таким образом, динамическая система, определяющая вековые циклы, имеет существенную временную асимметрию — стрелу времени.

Восстановление параметров солнечной активности по наблюдениям Томаса Харриота

Вокхмянин М.В.¹, Арлт Р.², Золотова Н.В.¹

¹*Санкт-Петербургский Государственный Университет,
e-mail: m.vokhmyanin@spbu.ru*

²*Leibniz-Institut fur Astrophysik Potsdam, e-mail: rarlt@aip.de*

В докладе представлены результаты восстановления пятенной активности по наблюдениям английского астронома Томаса Харриота в начале XVII века (12.1611 – 01.1613). Выполнен анализ 200 зарисовок солнечного диска, преимущественно в утреннее время, когда Солнце было невысоко над горизонтом. Для определения гелиокоординат солнечных пятен был разработан метод, подбирающий наклон оси вращения Солнца, при котором широта пятен наиболее стабильна от одного дня к другому. Также рассматриваются два подхода: в первом наклон оси анализируется в диапазоне ± 0.5 часа от времени, указанного Харритом; во втором рассматриваются все возможные варианты наклона оси. Проведено сравнение результатов двух методов, дана оценка профиля дифференциального вращения.

Long-term variations of solar activity from ground-based measurements

*Georgieva K.¹, Obridko V.N.², Abunin A.A.², Kirov B.¹,
Shelting B.D.², Livshits I.M.²*

¹*Space Research and Technology Institute — BAS, Sofia, Bulgaria,
kgeorgieva@space.bas.bg*

²*IZMIRAN, Troitsk, Moscow, Russia*

The geomagnetic disturbances result from interplanetary transients whose sources are active processes on the Sun. Moreover, different solar phenomena cause different types of geomagnetic storms. The measurements of geomagnetic activity started long before the detailed observations of the Sun and the in situ measurements of the parameters of the interplanetary field. Further, the galactic cosmic rays registered on the Earth's surface carry information on the state of the interplanetary medium. Therefore, by using indices of geomagnetic activity and measurements of the galactic cosmic rays, the long-term evolution of solar activity can be estimated.

О закономерностях процессов зарождения активных областей

Гетлинг А.В.¹, Бучнев А.А.²

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

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

Возникновение активных областей (АО) и групп пятен — одна из ключевых проблем солнечной физики. Принципиальный вопрос состоит в том, играет ли первичную роль в этом процессе сильное магнитное поле, управляющее движениями солнечной плазмы, или же такая роль принадлежит движениям, которые усиливают и структурируют магнитное поле. Ситуация первого рода характерна для известной модели всплывающей трубки, согласно которой на поверхность фотосферы выходит петля магнитной силовой трубки, несущая значительный поток. Модели локального МГД-динамо предполагают второй класс ситуаций.

На примере нескольких АО удастся показать, что у них у всех в той или иной степени проявляются черты эволюции, противоречащие представлению о всплывании трубки. В одних случаях картина развития АО резко контрастирует с ожидаемыми проявлениями «трубочного» сценария, в других противоречие не столь заметно. Наиболее общей чертой «резко-нетрубочных» АО является несбалансированность положительного и отрицательного магнитного потока. В них головная магнитная полярность нередко зарождается на фоне распределенного слабого поля хвостовой полярности и магнитный элемент хвостовой полярности формируется путем сгущения магнитного потока этой полярности. Наблюдается также асимметрия временных вариаций экстремальных значений полей двух полярностей. По-видимому, такие АО формируются локальными механизмами усиления магнитного поля. Если же картина развития АО не находится в резком противоречии с концепцией всплывания трубки, она может допускать интерпретацию с позиций первичной роли магнитного поля. В таких АО конфигурация пятен и временные изменения двух магнитных полярностей гораздо более симметричны.

Особенности эволюции активной области 12673

Гетлинг А.В.

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

По данным наблюдений с помощью инструмента НМІ орбитальной Обсерватории солнечной динамики (SDO) от 1–7 сентября 2017 г. изучается динамика активной области (АО) 12673, которая отличалась сложным строением и исключительно высокой всплывочной продуктивностью. Начиная со 2 сентября, группа пятен в этой АО состояла из (1) старого, хорошо развитого и весьма устойчивого компактного пятна (которое наблюдалось также двумя и одним оборотом Солнца раньше, в АО 12665 и 12670) и (2) быстро развивающегося скопления фрагментов тени и полутени. Скопление (2) образовало две протяженные дугообразные, огибающие главное пятно (1) цепочки таких фрагментов и магнитных элементов. Компоненты АО (1) и (2) находились в движении друг относительно друга, причем скопление (2) двигалось быстрее пятна (1). Скорость этого относительного движения совпадает по порядку величины с перепадом скоростей в приповерхностном сдвиговом слое (лептоклине). Взаимодействие составляющих (1) и (2) поразительно напоминало картину обтекания округлого тела потоком жидкости. Это наводит на мысль, что устойчивое и давно возникшее главное пятно было динамически связано со сравнительно медленно вращающимися поверхностными слоями, тогда как развитие дугообразной структуры происходило на большей глубине, где конвективная зона вращается быстрее. Карты поля горизонтальных скоростей, полученные методом локального корреляционного трассирования (и обсуждаемые совместно с гелиосейсмологическими данными о течениях в глубине конвективной зоны), показывают, что на начальной стадии развития структуры магнитный поток выносился на поверхность движениями вещества, схожими с теми, что типичны для конвекции в двух соседствующих друг с другом конвективных валах (с компонентой течения вдоль этих валов). На этапе усложнения картины магнитных полей и пятен, благодаря тесному сближению островов сильного поля, в тени пятен возникли яркие мосты, по обеим сторонам которых магнитное поле имело один и тот же знак.

**Моделирование процессов в системе плазма – пучок
ускоренных электронов для объяснения КПП жесткого
рентгеновского излучения солнечных вспышек**

**Глобина В.И.¹, Шабалин А.Н.², Чариков Ю.Е.²,
Овчинникова Е.П.²**

¹ *Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,
Санкт-Петербург, e-mail: gvi1109@gmail.com*

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

В работе рассматривается возможность интерпретации квазипериодической временной структуры потока жесткого рентгеновского излучения в диапазоне 30-150 кэВ, наблюдаемой в солнечных вспышках. Рассматриваемый временной масштаб КПП жесткого рентгеновского излучения вспышек принадлежит секундному интервалу. За основу рассмотрения принята модель коллапсирующей ловушки в которой в результате наложения эффектов бетатронного и Ферми ускорения происходит модуляция потока ускоренных электронов при их переносе в магнитной петле в процессе “коллапса”, приводящая к возникновению КПП жесткого рентгеновского излучения. Задача решалась численным интегрированием нестационарного релятивистского уравнения Фоккера-Планка для ускоренных электронов, в котором учитывались кулоновские потери и питч-угловая диффузия, влияние обратного тока, бетатронное ускорение и ускорение Ферми. Существенным моментом являлось изменение магнитного поля в корональной области во времени. Показана возможность возникновения секундных КПП рентгеновского излучения в данной модели и рассмотрено влияние данных процессов на временную структуру жесткого рентгеновского излучения вспышек для различных начальных популяций электронов - изотропных, анизотропных, с жестким и мягким энергетическими спектрами, структуры магнитного поля и параметров плазмы в петле.

Проявление симпатических всплесков на Солнце в широком сантиметровом диапазоне длин волн

Голубчина О.А.

СПбФ САО РАН, Санкт-Петербург

В докладе приводится анализ наблюдений симпатических всплесков за 1980-2001 гг. на радиотелескопе РАТАН-600 на волнах сантиметрового диапазона (1.92, 2.24, 2.74, 3.21, 10.17, 13.95, 14.63) см. Обсуждаются возможные триггерные механизмы симпатических всплесков и различные мнения об этих механизмах. Представлен краткий обзор и сравнение результатов наблюдений симпатических всплесков и симпатических вспышек, полученных на других радио и оптических телескопах.

Экстремальные солнечные события 6 сентября 2017 года

Гонасюк О.С., Вольвач А.Е., Якубовская И.В.

*ФГБУН КРАО РАН, Научный, Республика Крым,
e-mail: olg@craocrimea.ru*

Представлен многоволновой анализ двух солнечных эруптивных вспышек X-класса, которые произошли в активной области NOAA 12673 6 сентября 2017 года. Анализ проведен с использованием данных мягкого рентгеновского излучения (GOES), (E)UV излучения (AIA/SDO) и радиоизлучения от микроволн до метрового диапазона (радиотелескопы Службы Солнца KRM). Структура активной области продемонстрировала очень сложную систему δ -пятен, что привело к образованию сигмоиды, наблюдаемой в EUV каналах. Обе вспышки X-класса произошли последовательно с интервалом примерно 3 ч и развивались как одно событие, сигмоида – аркада. Определены временные задержки радиовсплесков, связанных со обеими вспышками. Для первого всплеска (вспышка X2.2) временная задержка при переходе от более высоких к более низким частотам сантиметрового диапазона длин волн составила около 12 секунд, а при переходе от сантиметрового к метровому диапазону – 23 сек. Второй всплеск (вспышка X9.3) имел временную задержку – 1.4 и 5.5 минут соответственно, и вызвал продолжительную получасовую шумовую бурю в метровом диапазоне. Частотный спектр для события X2.2 был более жесткий по сравнению со вспышкой X9.3. Мы исследуем эти особенности и их связь с различными аспектами вспышек.

**Анализ магнитной активности звёзд нижней части
главной последовательности
с обнаруженными экзопланетами**

Горбачев М.А.^{1,2}, Игнатов В.К.^{1,2}, Шляпников А.А.²

¹*Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань,
e-mail: mark-gorbachev@rambler.ru*

²*Крымская астрофизическая обсерватория РАН, Научный, Крым,
e-mail: aas@crasoccrimea.ru*

4044 подтверждённых экзопланет на конец августа 2019 года вращаются вокруг 3612 звёзд. Среди этих звёзд 1435 имеют светимость, не превышающую 1.1 светимости Солнца по данным GAIA. Эффективные температуры для них лежат в пределах от 3422 до 6354 К, а радиусы составляют от 0,5 до 2 радиусов Солнца. Мы представляем статистические закономерности для звёзд с экзопланетами, акцентируя особое внимание на выборку с указанными выше параметрами.

На примере звёзд с экзопланетами, наблюдаемыми в Крымской астрофизической обсерватории, проанализированы кратковременная и долгосрочная переменность, связанная с транзитными явлениями, вспышками и возможными циклическими изменениями блеска, обусловленными магнитной активностью. При этом использованы данные, полученные при реализации как наземных, так и космических проектов.

Работа выполнена при частичной поддержке грантов РФФИ № 18-32-00775 и № 19-02-00191.

**Winter North Atlantic Oscillations Driven by Total Solar
Irradiance Variations**

Chapanov Ya.¹, Gorshkov V.L.²

¹*Climate, Atmosphere and Water Research Institute, Sofia, Bulgaria,
e-mail: yavor.chapanov@gmail.com*

²*Pulkovo observatory, St.-Petersburg, e-mail: vigor@gaoran.ru*

The solar activity strongly affects climate cycles by the Total Solar Irradiance (TSI) variations. The solar-climate influences are studied by means of multi-decadal winter North Atlantic Oscillation (NAO) reconstruction for the period 1049-1995 AD. The winter NAO variations are based on a speleothem-based precipitation proxy from Scotland and a tree-ring based drought proxy from Morocco and reflect precipitation regimes over the Millennium. A part of this reconstruction is compared with the TSI variations

after 1610 in different decadal frequency bands. The time series are analyzed by the Method of Partial Fourier Approximation (PFA) and Singular Spectrum Analysis (SSA). The oscillations of TSI and NAO have some common cycles in a set of selected frequency bands.

Протонные вспышки с невыраженной импульсной фазой

Григорьева И.Ю.¹, Струминский А.Б.², Шаховская А.Е.³

¹ ГАО РАН, С.-Петербург, e-mail: *irina.2014, irina@mail.ru*

² ИКИ РАН, Москва, e-mail: *astrum@iki.rssi.ru*

³ КрАО РАН, п. Научный, e-mail: *anshakh@yandex.ru*

Исследуется вспышка X1.4 22 сентября 2011 года, произошедшая в активной области с координатами N09E89. Она была источником задержанного и слабого протонного события 23 сентября 2011 года. Ее продолжительное мягкое рентгеновское излучение, проявления на микроволнах и связанный КВМ во многом напоминали проявления в родительских вспышках GLE-событий 14 июля 2000 года и 26 декабря 2001 года. По нашему мнению у этих вспышек не было выраженной импульсной фазы. Протестированы критерии «протонности» этих трех солнечных вспышек по данным рентгеновского и радиодиапазонов. По известным статистическим зависимостям сделаны оценки ожидаемой величины протонного возрастания вблизи Земли и проведено сравнение с наблюдаемыми величинами. Полученные результаты анализируются в контексте сценария стохастического ускорения электронов и протонов в солнечных вспышках. Вспышка X1.4 22 сентября 2011 года могла бы быть источником протонного события с GLE в случае благоприятного расположения на диске Солнца для распространения протонов и прихода их на Землю.

Источник электромагнитного излучения в короне и импеданс области стационарного магнитного пересоединения

Губченко В.М.

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

Эффективность источника электромагнитного излучения (радиовсплески и континуум) от "передатчика", работающего с мощностью P_{rad} в непрерывно формируемой 3D асимметричной электронной диффузионной/диамагнитной области (ДДО) магнитного пересоединения в солнечной короне, вычислена через значение импеданса Z контура с током I , который индуктивно нагружен на плазменный поток горячей бесстолкновительной плазмы. Импеданс вычислен на основе решения уравнения Власова. Активная часть этого импеданса $R = ReZ$ связана с процессом ускорения некоторой группы резонансных с индукционным полем частиц, происходящим с мощностью $P = I^2 R$. Сопротивление R определяется мнимой частью поперечной компоненты тензора диэлектрической проницаемости потока плазмы. Реактивные составляющие Z связаны с нерезонансными частицами и определяют диамагнетизм потока плазмы. Обе группы частиц формируют своими токами 3D структуру магнитных полей ДДО. Ускоренные частицы в дальнейшем и через нелинейную конверсию создают электромагнитное излучение, поэтому $P_{rad} < P$.

Контур тока с заданной геометрией это асимметричная намагнитченность (магнитоактивная область), характеризующаяся магнитодипольной и тороидальной компонентами. Внешний плазменный поток характеризуется асимметричной и анизотропной функциями распределения частиц (ФРЧ) и формируется амбиполярным разлетом плазмы в открытое пространство. Тороидальная и магнитодипольная компонента по отдельности создают силовое взаимодействие с потоком. Однако их суперпозиция в составе намагнитченности приводит к появлению бессиловой компоненты. Импеданс Z также характеризует электродвижущую силу (e.m.f.), воздействуя на поток и уменьшая эффект амбиполярного поля разлета.

Работа выполнена в рамках Государственного задания №0035 – 2019 – 0002, частично поддержана грантами РФФИ (№19 – 02 – 00704, №17 – 02 – 00091), Министерством образования и науки РФ в рамках ФЦП "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы" субсидия 14.607.21.0196, УИН проекта RFMEFI60717X0196, программой КП19-270 Президиума РАН (проект I.14 "Ускорение заряженных частиц и волновые процессы в солнечной, гелиосферной и магнитосферной плазме).

Влияние параметров гелиосферы на жесткость геомагнитного обрезания космических лучей во время различных фаз магнитной бури

Птицына Н.Г., Данилова О.А., Тясто М.И.

СПбФ ИЗМИРАН, С.-Петербург, e-mail: nataliaptitsyna@ya.ru

Приход космических лучей (КЛ) в определенную точку земной поверхности регулируется конфигурацией и интенсивностью магнитного поля Земли, которое исполняет роль экрана для заряженных частиц. Геомагнитное поле «разрешает или запрещает» приход частиц КЛ в данную точку в магнитосфере и атмосфере в зависимости от их энергии. Жесткость геомагнитного обрезания (ЖГО), по определению, — это пороговая жесткость, ниже которой поток частиц равен нулю из-за геомагнитного экранирования. Свойства магнитного экрана зависят от динамического взаимодействия магнитных и электрических полей солнечного ветра с внутримангнитосферными полями и токами и меняются с развитием магнитной бури. В работе рассчитаны коэффициенты корреляции вариаций жесткостей геомагнитного обрезания с межпланетными параметрами и Dst индексом геомагнитной активности для различных фаз магнитной бури 7-8 ноября 2004 г.

Наиболее сильная корреляция на всех этапах развития бури наблюдалась между жесткостью обрезания и Dst индексом геомагнитной активности (коэффициенты корреляции $k = 0.70 - 0.98$), а также с плотностью солнечного ветра N ($k = 0.60 - 0.80$). Во время главной фазы бури наиболее значимыми факторами были Dst и Kp индексы и все три динамических параметра солнечного ветра — плотность N , давление P и скорость V ($k = 0.50 - 0.85$). Вариации жесткости обрезания не проявляли чувствительности к Vz-компоненте ММП, так же как к азимутальной компоненте V_u и общему ММП V , ни перед началом бури, ни в ее главной фазе.

Каталоги протонных событий в ИКИТ-БАН

Данов Д., Митева Р.

Институт космических исследований и технологий Болгарской академии наук

Два каталога протонных событий составлены в Институте космических исследований и технологий — Болгарской академии наук (SRTI-BAS). Они охватывают временной интервал солнечных циклов 23 и 24 и основаны на измерениях, проведенных на борту двух спутников (Wind/EPACT и SOHO/ERNE). Оба каталога доступны в Интернете. Данная презентация описывает работу с ними.

Оценка изменений температуры в прошлые эпохи по данным изотопных отношений благородных газов Ar, Kr, Xe с N₂ в слоях льда и океане

Дергачев В.А.

*ФТИ им. А.Ф. Иоффе, Санкт-Петербург,
e-mail: v.dergachev@mail.ioffe.ru*

Температура океана представляет собой одну из важнейших характеристик, оказывающих влияние на климат земного шара. Для получения широкой картины изменения температуры по всему Мировому океану разрабатываются новые методы исследований.

1. Примерно 20 лет назад создана постоянно действующая глобальная сеть океанографических станций на основе дрейфующих (ныряющих) буев-измерителей АРГО. Главное назначение буев АРГО — измерение вертикальных профилей температуры и солёности воды при подъеме из глубины океана до поверхности.

2. В начале 2000-х годов начал разрабатываться принципиально новый способ определения изменений средней температуры в океане, основанный на использовании элементных и изотопных отношений аргона и азота и тяжелых инертных (благородных) газов: криптона и ксенона, вместе с азотом, содержащихся в кернах льда в захваченных из атмосферы пузырьках воздуха. В этом методе используется тот факт, что атмосфера хорошо перемешана, поэтому одно измерение в любой точке мира может дать информацию о температуре. Таким образом, использование этих новых методов даёт ученым уникальные возможности непрерывного мониторинга состояния Мирового океана.

В работе основное внимание уделено: а) оценкам изменения содержания тепла и температуры океана, исходя из имеющихся современных и дополнительных современных данных; исторических и ранее не доступных исторических данных; данных буёв одноразового использования, сбрасываемых с самолётов и вертолётов (батитермографические буи); б) данных глобального проекта международного научного сообщества океанологов АРГО; в) данных, получаемых из использования элементных и изотопных отношений инертных (благородных) газов Kr/N₂, Xe/N₂ и Xe/Kr, содержащихся в кернах льда в захваченных из атмосферы пузырьках воздуха. Будут представлены реконструкции температур и согласование с другими оценками в течение различных временных интервалов. Полученные результаты важны для понимания прошлой и будущей изменчивости климата.

Периоды экстремально высоких значений скорости образования космогенного ^{14}C и изменение температуры по данным о содержании изотопа ^{40}Ar в слоях льда за последние 4000 лет

Дергачев В.А.¹, Кудрявцев И.В.^{1,2}

¹ ФТИ им. А.Ф. Иоффе, г. Санкт - Петербург, Россия
e-mail: V.Dergachev@mail.ioffe.ru; Igor.Koudriavtsev@mail.ioffe.ru

² ГАО РАН, г. Санкт - Петербург, Россия e-mail:

Вариации солнечной активности (СА) приводят к модуляции интенсивности галактических космических лучей (ГКЛ) при их распространении в гелиосфере, что позволяет использовать данные по космогенному радиоуглероду для изучения СА в прошлые эпохи. Однако изменения земного климата и геомагнитного поля приводят к искажению информации о СА, зафиксированной в радиоуглеродных данных. В работе рассматриваются данные по изменению содержания радиоуглерода в земной атмосфере ($\Delta^{14}\text{C}$) с начала 2-го тысячелетия до нашей эры по середину 18-го века нашей эры. В этом интервале зафиксированы периоды аномально низкой СА: минимумы Маундера, Шпёрера, Вольфа и Орта. При этом, если первые два из упомянутых минимумов активно изучаются в последнее время, то более отдаленные минимумы СА менее изучены. Фундаментальную роль в изменениях климатической системы Земли играют температуры Мирового океана и полярные ледниковые шапки. Полярные ледяные керны являются превосходными архивами климатической истории Земли. Особенностью данной работы является использование температурной реконструкции из данных по содержанию изотопа ^{40}Ar в слоях льда Гренландии для реконструкции скорости генерации ^{14}C и гелиосферного модуляционного потенциала. Показано, что наблюдаемые пики $\Delta^{14}\text{C}$ в 535 году до н.э. и 140 г. н.э., 695 г. н.э., 785 г. н.э. могли быть результатом мощных солнечных вспышек или всплесков ГКЛ, а не результатом модуляции ГКЛ межпланетным магнитным полем. К подобному выводу относительно события 775 г.н.э. приходили и авторы ряда других работ (см. например [1]).

[1] Miyake F. et al.// Radiocarbon, 2017, v. 59(2), p. 315.

Природа циклических изменений скорости образования ^{10}Be за последние 10 тыс. лет

Васильев С.С., Дергачев В.А.

*Физико-технический институт, Санкт-Петербург,
e-mail: v.dergachev@mail.ioffe.ru*

Космогенные радиоизотопы, такие как ^{14}C , ^{10}Be и др., образуются в атмосфере Земли под действием галактических космических лучей. Скорость образования космогенных радиоизотопов зависит от величины магнитного поля Земли и солнечной активности. Для изучения скорости образования космогенных изотопов важно иметь хронологическую последовательность величин скорости образования или концентрации изотопов. Анализ кернов ледников Гренландии способствовал развитию методов построения хронологических последовательностей данных. В последнее десятилетие опубликована страфиграфическая шкала для ледниковых кернов Гренландии NGRIP, GRIP и DYE-3. Новая шкала времени называется Greenland Ice Core Chronology 2005 (GICC05) и простирается в прошлое на 60 тыс. лет. Особенность шкалы GICC05 заключается в том, что она основана на нескольких перекрывающихся рядах данных из трех разных кернов, что обеспечивает ее общую согласованность. Возраст слоев ледника, для которых измерялась концентрация космогенного изотопа ^{10}Be , согласован с страфиграфической шкалой GICC05 (Muscheler et al. 2014). Мы использовали точно датированные данные по ^{10}Be для анализа изменчивости скорости образования этого космогенного изотопа. На периодограмме данных имеются спектральные линии с периодом ~ 2100 , 1000 , ~ 710 и 207 лет. Природу выявленных циклических изменений можно искать в таких явлениях, как климатическое воздействие, изменение магнитного поля Земли и влияния солнечной активности. Климатическое воздействие на скорость осаждения ^{10}Be может проявляться через изменение скорости перемешивания космогенного изотопа в тропосфере. Хорошим индикатором этого процесса являются изменения концентрации ионов в керне GISP2. Нами был изучен процесс перемешивания атмосферы на северо-западе Атлантики и влияние этого перемешивания на изменения концентрации катионов (Na^+ , Ca^{2+} и др.) в керне GISP2. Был получен спектр флуктуаций этих изменений и показано, что основными периодами являются 2700 и 1350 лет. Этот спектр существенно отличается от спектра флуктуаций ^{10}Be , поэтому естественно заключить, что процессы, приводящие к флуктуациям концентраций катионов и ^{10}Be различаются. Наряду с катионами, данные GISP2 содержат анионы SO_4^{2-} , NH_4^- , Cl^- , NO_3^- и SO_4^- . Особый интерес представляют анионы NO_3^- , поскольку они возникают во время грозы. Мы сравнили спектры флуктуаций нитратов NO_3^- со спектром флуктуаций ^{10}Be . Сравнение спектров показывает, что они подобны.

Делается вывод о влиянии штормовой активности и грозообразования на процессы перемешивания в северной Атлантике во время Голоцена.

Модели корональных выбросов массы

Дертеев С.Б., Михалев Б.Б., Джимбеева Л.Н.

*Калмыцкий госуниверситет им. Б. Б. Городовикова, Элиста,
e-mail: bbtikh@mail.ru*

В основе компьютерного моделирования КВМ лежат данные наблюдений, полученные различными станциями. Для получения первоначального положения можно использовать оптические снимки, для получения примерных температурных значений необходимо использовать иные данные, но для того, чтобы получить предположительные сведения для симуляции магнитного поля, необходимо прибегать к данным магнитных полей фотосферы [2, 3]. Но и этих данных оказывается недостаточно. Остается открытым вопрос о начальном распределении для концентрации частиц (плотности), скорости движения КВМ и конфигурации магнитного поля. Обычно используются некоторые модельные конфигурации, в том числе заданные довольно сложными аналитическими выражениями для распределений магнитного поля, скорости и плотности [4]. Были попытки использовать полуэмпирические формулы [1], но приходится принимать во внимание неоднозначность в задании начальных условий, поскольку, согласно статистическим данным, по величине ускорения КВМ разделяют на несколько типов.

В данной работе проводилось численное решение идеальных МГД уравнений в $2.5D$ -представлении с использованием определенных начальных распределений, а также проводился анализ кинематических характеристик КВМ в зависимости от начальных параметров.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 15-02-20001.

- [1] Green L.M., Török T., Vr?nak B., Manchester W. // Space Sci. Rev., 2018, v. 214, p. 46.
- [2] Satoshi I. // Progress in Earth and Planet. Sci., 2016, v. 3, p. 19.
- [3] Török T., Downes S., Linker J.A., Lionello R. // Astrophys. J., 2018, v. 856, p. 1.
- [4] Zucarello F., Poedts S., Meliani Z. // Astrophys. J., 2012, v. 758, p. 117.

**Вариации потока солнечных протонов на протяжении
последних трех циклов солнечной активности
(по данным спутников серии GOES)**

Дмитриев П.Б.

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

В состав научной аппаратуры спутников серии GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite) входит монитор SEM (Space Environment Monitor), одним из четырех инструментов которого является прибор EPS (Energetic Particles Sensor), регистрирующий высокоэнергичные протоны в диапазоне энергии от 0.8 до 500 МэВ. Измерения интегрального потока протонов (>5 МэВ) этого прибора были взяты с сервера [1] для исследования квазипериодических вариаций как частоты реализации мощных солнечных протонных событий, так и «фонового» протонного потока на протяжении последних трех циклов солнечной активности.

Для этого в данной работе на основе измерений потоков протонов спутниками серии GOES на протяжении выше упомянутого времени был синтезирован средневзвешенный посуточный ряд данных интегрального потока протонов (>5 МэВ), который был исследован на наличие квазипериодических компонентов в его временной структуре, в том числе и на наличие «знаменитой» ~ 154 -ех дневной периодичности.

Особое внимание было уделено изучению временных вариаций значений выявленных квазипериодов на протяжении всех трех солнечных циклов путем построения выборочной оценки нормированной спектральной плотности исследуемых данных в скользящем временном окне величиной до двух лет.

[1] <http://umbra.nascom.nasa.gov/cdb/goes/particle>

Временная структура мягкого рентгеновского излучения Солнца на протяжении 22–24 циклов солнечной активности

Дмитриев П.Б.

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

В результате наблюдений Солнца с космических аппаратов в диапазоне мягкого рентгеновского излучения (МРИ) было установлено, что МРИ исходит от “горячих” петель магнитных активных областей, основы которых уходят под фотосферу, а вершины расположены в короне. Горячая плазма, заполняющая магнитные петли, является источником “квазипериодического” рентгеновского излучения, которое формирует медленно меняющуюся “фоновую” составляющую МРИ Солнца, а происходящие скоротечные во времени (минуты, часы) солнечные вспышки дают “вспышечную”, которая на несколько порядков превышает “фоновую”. Поэтому МРИ можно использовать в качестве индикатора солнечной активности: “фоновая” составляющая отражает интенсивность образования в атмосфере Солнца активных магнитных областей, а “вспышечная” — их эволюцию. Спутники серии GOES осуществляют патрульные измерения МРИ Солнца в диапазонах длин волн $1 - 8 \text{ \AA}$ и $0.5 - 4 \text{ \AA}$ на протяжении последних более чем трех десятилетий и поэтому дают возможность исследовать солнечную активность в течение этого времени.

На основе разработанного метода объединения многочисленных разрозненных во времени однотипных рядов измерений в единый средневзвешенный ряд по данным спутников серии GOES был синтезирован единый ряд суточных данных на протяжении последних трех солнечных циклов, а затем из него были выделены “вспышечная” и “фоновая” составляющие, которые при помощи метода построения комбинированной спектральной периодограммы были исследованы на предмет наличия квазипериодических осцилляций на различных стадиях солнечных циклов. Часть значений выявленных квазипериодов может быть объяснена как синодическим, так и сидерическим вращением Солнца, а остальные отражают средние времена “жизни” активных образований солнечной атмосферы (групп солнечных пятен, факельных площадок, взаимодействующих корональных петель).

Связь долгопериодических колебаний магнитного поля солнечного пятна и вариаций яркости его тени

Ефремов В.И.¹, Парфиненко Л.Д.¹, Соловьев А.А.¹

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

Долгопериодические колебания магнитного поля солнечных пятен (с периодами от 10 до 30 часов) исследованы во многих наших работах. Особенностью этих колебаний является то, что в них тень пятна ведет себя как единое магнитное образование. Вследствие сохранения магнитного потока в тени пятна ее площадь изменяется в антифазе с вариациями магнитного поля: когда пятно смещается вверх, его магнитная силовая трубка слегка расширяется, а магнитное поле — падает. При смещении пятна вниз — картина обратная. В данной работе исследуется связь колебаний магнитного поля пятна с вариациями яркости элементов тени. Если полагать, что усиление магнитного поля ведет к дальнейшему подавлению конвекции и уменьшению конвективного переноса, то следует ожидать, что и в этом случае должна наблюдаться антикорреляция в изменениях магнитного поля тени и её яркости. Приводится пример обработки пятна с $V=2300$ Гс. Найдена отрицательная корреляция ($R_{\text{Pirson}} = -0.69$) между долгопериодическими изменениями магнитного поля и интенсивности тени пятна.

Зависимость напряженности магнитного поля и интенсивности в солнечном пятне

Живанович И.¹, Соловьев А.А.^{1,2}

¹ Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,
Санкт-Петербург

² Калмыцкий государственный университет

Низкую температуру тени солнечного пятна принято объяснять тем, что сильное вертикальное магнитное поле подавляет конвективный перенос, так что интенсивность излучения тени пятна определяется лишь лучистым переносом. В рамках этой концепции по мере роста напряженности магнитного поля пятна должно иметь место насыщение, при котором нарастание поля уже не приводит к дальнейшему уменьшению эффективной температуры, кривая зависимости интенсивности излучения тени пятна от напряженности магнитного поля должна, начиная с некоторого значения поля, стремиться к определенной асимптоте.

В данной работе для выявления эффекта насыщения в подавлении конвекции в пятне были использованы материалы космической обсерватории SDO. Построена кривая, отражающая связь между напряженностью магнитного поля и интенсивности излучения в тех же точках тени солнечного пятна. Получено, что эффект насыщения действительно имеет место и начинает проявляться уже при напряженностях магнитного поля в 2800-3000Гс. При более высоких значениях магнитного поля интенсивность излучения областей тени с данными полями в видимом свете в пределах ошибок остается на прежнем уровне.

Распределение магнитного поля в ведущем и хвостовом солнечных пятнах

Живанович И.¹, Соловьев А.А.^{1,2}

¹*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,
Санкт-Петербург*

²*Калмыцкий государственный университет*

Вопрос о распределении магнитного поля по радиусу сечения солнечного пятна важен при любом исследовании пятен, в частности, при теоретическом моделировании структуры солнечного пятна. В данной работе были исследованы радиальные профили вертикальной компоненты магнитного поля в тени ведущего и хвостового солнечных пятен в биполярной группе. В качестве наблюдательного материала использовались данные космической обсерватории Solar Dynamic Observatory (SDO). Благодаря высокому пространственному разрешению данных удается построить профили магнитного поля с достаточно хорошим пространственным разрешением. Полученные результаты обсуждаются в контексте отличий профилей, наблюдаемых в биполярной группе, от профилей, которые получаются для правильных одиночных пятен.

**Изучение особенностей солнечных источников в СКЛ
на основе микроволновых наблюдений
с использованием магнитно-морфологической
классификации активных областей**

**Кашапова Л.К.¹, Жукова А.В.², Мешалкина Н.С.¹,
Митева Р.³, Мяжова И.Н.⁴**

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

² *Крымская астрофизическая обсерватория РАН, пгт. Научный,
e-mail: anastasiya.v.zhukova@gmail.com*

³ *Институт космических исследований и технологий БАН, София,
Болгария, e-mail: RMiteva@mail.space.bas.bg*

⁴ *НИИЯФ МГУ, Москва, e-mail: irina@srd.sinp.msu.ru*

Вопрос о том, происходит ли ускорение заряженных частиц, наблюдаемых в событиях солнечных космических лучей (СКЛ), во время вспышек на Солнце или же на ударных волнах, порождаемых корональными выбросами массы, не прояснен в полной мере. Одной из возможных причин рассогласования результатов различных статистических исследований может являться неоднородность сравниваемых физических/морфологических параметров.

На основе доступных данных радио спектрополяриметров для 20 активных областей (АО) 23-го цикла, имевших различную топологию магнитного поля, проанализированы свойства излучения солнечных вспышек, связанных с сильными событиями в СКЛ и имевших значительный отклик в микроволновом диапазоне. Привлечена магнитно-морфологическая классификация АО, основанная на соответствии биполярных АО основным закономерностям теории динамо среднего поля: закону Хейла, закону Джоя и правилу о соотношении площадей лидирующего и хвостового пятен. Обнаружено, что большинство исследуемых событий произошли в АО с нарушением хотя бы одного из правил. При этом для регулярных АО статистические законы, выявленные в предыдущих исследованиях, выполняются. Приводятся и обсуждаются выявленные в распределении АО по классам тенденции и их физические обоснования.

Исследование поддержано РФФИ (проект 17-52-18050) и ННФ Болгарии (контракт № DNTS/Россия 01/6 (23-Июнь-2017)).

Проявления флуктуационного динамо в 23-м и 24-м циклах

Жукова А.В.¹, Соколов Д.Д.², Абраменко В.И.¹,
Хлыстова А.И.³

¹Крымская астрофизическая обсерватория РАН, пгт. Научный,
e-mail: anastasiya.v.zhukova@gmail.com

²Московский государственный университет, Москва,
e-mail: sokoloff.dd@gmail.com

³Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск,
e-mail: hlystova@iszf.irk.ru

Данные инструментов HMI/SDO и MDI/SOHO использованы для исследования характеристик активных областей (АО) - нарушителей закономерностей теории динамо среднего поля в 23-м и 24-м циклах. Все АО распределены по категориям в соответствии с магнитно-морфологической классификацией, предложенной в работе [1]. В отдельные классы выделены АО с нарушениями законов Хейла, Джоя, правила о соотношении площадей лидирующего и хвостового пятен.

Относительное количество АО-нарушителей закона полярностей Хейла возрастает вблизи минимума 2007 года, что подтверждает данные предыдущих исследований [2, 3] и может быть результатом действия флуктуационного мелкомасштабного динамо. Явного роста относительных площадей биполярных групп с подобным нарушением вблизи минимума не обнаружено, что позволяет сделать предварительный вывод о меньших, по сравнению с обычными, размерах таких АО. Увеличение относительного количества АО с нарушением закона Джоя с развитием цикла может свидетельствовать о подавлении альфа-эффекта, связанном с распространением динамо-волны. Для АО с нарушением правила о соотношении площадей лидирующего и хвостового пятен эта тенденция выражена в меньшей степени.

[1] Abramenko V.I., Zhukova A.V., Kutsenko A.S. // Geomagn. and Aeron., 2018, v. 58, p. 1159.

[2] Sokoloff D.D., Khlystova A.I., Abramenko V.I. // MNRAS, 2015, v. 451, p. 1522.

[3] McClintock B.H., Norton A.A., Li J. // Astrophys. J., 2014, v. 797, p. 130.

**Связь скорости коронального выброса массы
с быстротой спада магнитного поля в нижней короне
в области генерации выброса массы**

Загайнова Ю.С.¹, Файнштейн В.Г.², Руденко Г.В.³

¹ *Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова Российской академии наук, Москва, e-mail: yuliazag@izmiran.ru*

² *Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук, Иркутск, e-mail: vfain@iszf.irk.ru*

³ *Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук, Иркутск, e-mail: rud@iszf.irk.ru*

Показано, что линейная проекционная скорость V_{in} корональных выбросов массы (КВМ), зарегистрированных в поле зрения коронографов LASCO, связана с быстротой спада поперечной компоненты магнитного поля B_t над линией раздела полярности активной области, в которой возник КВМ, на относительно небольших высотах, менее $\approx 0.3R_{Sun}$. Это справедливо для 3D расчетов магнитного поля как в потенциальном приближении, так и в нелинейном бессиловом приближении. Показано, что для группы медленных КВМ со скоростью $V_{in} = (400-600)$ км/с быстрота спада B_t с высотой в среднем меньше, чем для группы быстрых КВМ со скоростью $V_{in} > 1300$ км/с. В качестве меры быстроты спада магнитного поля с высотой h использовался индекс спада поля $n(h) = -(h/B_t) \cdot (dB_t/dh)$.

**Форма 11-летнего цикла солнечной активности
в исторических данных**

Иванов В.Г.

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

Форма 11-летнего цикла солнечной активности описывается несколькими эмпирическими связями, среди которых наиболее известным (но не единственным) является правило Вальдмайера: антикорреляция между длиной фазы роста цикла и его амплитудой.

В работе на материале рекалиброванного ряда чисел Вольфа показано, что форма цикла и вид описывающих её связей за последние 270 лет не оставался неизменным. Это может быть вызвано двумя обстоятельствами: реальным изменением характеристик механизма солнечной цикличности

либо ошибками в восстановленной части серии чисел Вольфа. В последнем случае связи амплитуды и формы цикла могут быть использованы для учёта этих ошибок.

Выделение контуров солнечных пятен с помощью нейронной сети

Илларионов Е.А.¹, Тлатов А.Г.^{2,3}

¹МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, e-mail: egor.mypost@gmail.com

²Кисловодская Горная астрономическая станция ГАО РАН,
e-mail: tlatov@mail.ru

³КалмГУ, Элиста

Алгоритмы автоматического выделения границ солнечных пятен и ядер разрабатываются уже не одно десятилетие, однако именно ручная обработка продолжает оставаться эталоном. Проблема несовершенства текущих алгоритмов, на наш взгляд, заключается в самом подходе к их разработке. Традиционно, авторами предлагается некая процедура, основанная на рациональных соображениях о том, чем характеризуется пятно или ядро в отличие от остального фона (т.е. строится модель пятна). Практика, однако, показывает, что реально наблюдаемые пятна устроены значительно разнообразнее, что приводит к многочисленным несоответствиям работы процедуры и желаемого результата. Современный подход предлагает использовать алгоритмы, которые способны адаптироваться под набор изображений и целевых контуров. При таком подходе точность результата в большей степени зависит уже не от исходной модели, а от количества и качества данных, предоставляемых для обучения. Учитывая объем наблюдений, возникает надежда улучшить аккуратность выделения границ скорее, нежели за счет многократного и не вполне очевидного усложнения модели пятна.

В нашей работе мы использовали многолетний каталог фотогелиограмм и соответствующих контуров пятен и ядер, получаемый на ГАС ГАО РАН, чтобы обучить сверточную нейронную сеть типа U-Net. Заметим, что подобная архитектура была ранее с успехом опробована в задаче выделения контуров корональных дыр. В работе мы с помощью различных метрик подтверждаем близость результата работы модели и целевых контуров, которые можно считать эталоном с точки зрения наблюдателей. Далее обсуждается, в какой степени полученная модель применима к новому набору данных – спутниковым снимкам SDO/HMI.

О моделировании спектра солнечного пятна

Калинин А.А., Калинина Н.Д.

*Уральский федеральный университет, Екатеринбург,
e-mail: alexander.kalinin@urfu.ru, natalia.kalinina@urfu.ru*

В июле 2017 г. по диску Солнца проходило большое солнечное пятно с напряженностью магнитного поля в максимуме около 3000 Гс. В АО Ур-ФУ были получены спектры пятна в области линии $\text{H}\delta$ водорода и линий H и K ионизованного кальция. В данном сообщении продолжена работа по теоретической интерпретации полученных спектров — построение модельного спектра пятна, начатая в [1]. Рассчитан спектр спокойного Солнца (центр диска) и пятна, расположенного вблизи центра солнечного диска с полем 3000 Гс в линиях H и K Ca II . Данные расчеты (в отличие от [1]) проведены в неЛТР приближении с помощью программы RHcode (см. [2]). Проведено сравнение с наблюдениями линий H и K Ca II в пятне.

Работа выполнена в рамках госзадания Минобрнауки РФ (базовая часть госзадания, РК № АААА-А17-117030310283-7).

- [1] Калинин А.А., Калинина Н.Д. Труды Всероссийской ежегодной конференции по физике Солнца «Солнечная и солнечно-земная физика — 2018», 8–12 октября 2018 г., ГАО РАН, СПб, с. 199.
- [2] Uitenbroek H. *Astrophys.J.*, 2001, v.557, p.389.

Каталог горячих струй в короне Солнца за 2015–2018 годы

Кальтман Т.И.¹, Накаряков В.М.^{1,2}, Анфиногентов С.А.³,
Шендрик А.В.¹, Лукичева М.В.^{1,4}, Ступишин А.Г.⁵

¹ *Специальная астрофизическая обсерватория РАН,
Санкт-Петербург, Россия, e-mail: arles@mail.ru*

² *Centre for Fusion, Space and Astrophysics, Physics Department,
University of Warwick, UK*

³ *Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск, Россия*

⁴ *Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung, Göttingen, Germany*

⁵ *Санкт-Петербургский Государственный университет,
Санкт-Петербург, Россия*

В докладе представлено создание каталога плазменных струй в короне Солнца, с первичной информацией о событии, параметрах струи и материнской активной области, и о сопутствующих эруптивных явлениях. В каталог сведены данные, полученные с помощью космического высокопрецизионного КУФ изображающего телескопа SDO/AIA и наземных радиотелескопов и спектрометров, включая РАТАН-600, СРГ и Nobeyama. Каталог содержит информацию о дате и времени струи, ее температуре, гелиографических координатах, длительности, а также информацию о вспышке, радиовсплеске и корональном выбросе массы, если они наблюдались. В каталог добавлены данные спектрально-поляризационных наблюдений микроволнового спектра областей в диапазоне 3-18 ГГц по данным РАТАН-600 (для событий, совпадающих по времени со сканами РАТАН-600) и СРГ. Для избранных событий определена структура магнитного источника на поверхности Солнца при сопоставлении данных НМИ с данными РАТАН-600 и СРГ, а также методами экстраполяции фотосферного магнитного поля в корону. В докладе также обсуждаются возможности наблюдений струй на ALMA. Дальнейшей целью является анализ соответствия магнитных конфигураций существующим моделям генерации МГД струй, расчеты их КУФ, радио и рентгеновского излучения. Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 18-29-21016.

Г.М. Никольский — выдающийся астроном и незаурядный человек

Ким И.С.

ГАИШ МГУ, Москва, e-mail: iraida.kim@gmail.com

Кратко изложены основные этапы жизни: детство, юношество, учеба в университете, научная, педагогическая, консультационная и общественная деятельность, сотрудничество с отечественными и зарубежными коллегами. Представлено несколько слайдов, характеризующих хобби и личную жизнь.

Цвет структур солнечной короны

Ким И.С., Крусанова Н.Л.

ГАИШ МГУ, Москва, e-mail: iraida.kim@gmail.com

Обсуждается возможность изучения состава коронального вещества по 2D распределениям цвета короны. Определение цвета основано на сравнительном анализе распределений энергии спектров континуумов короны и фотосферы. Вводится относительный показатель цвета RCI. При идентичности распределений RCI принято говорить о белом цвете, при смещении в синюю область – о посинении, в красную – о покраснении. 2D распределения RCI для корон 1991, 2006, 2008гг. выявляют отсутствие тождественности в распределениях энергии в континуумах короны и фотосферы, диффузную и структурную составляющие, симметрию диффузной составляющей относительно положения усредненной плоскости гелиосферного токового слоя, покраснение с расстоянием на всех позиционных углах, существование синих структур во внутренней короне. RCI может рассматриваться как индикатор расширения короны и локализации потоков электронов, ионов и нейтралов. Отмечено, что до настоящего времени такие исследования возможны только по наблюдениям из космоса или во время полных солнечных затмений.

Пространственно-временной анализ аварийных ситуаций в угольных шахтах. Космофизические аспекты

*Василенко Т.А.¹, Довбнич М.М.², Кириллов А.К.³,
Мендрий Я.В.²*

¹*Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург,
Россия*

²*Национальный технический университет «Днепропетровская
политехника», Днепр, Украина*

³*Институт физики горных процессов НАН Украины, Днепр,
Украина, e-mail: kirillov1953@inbox.ru*

Рассмотрены вопросы инициирования аварийных ситуаций на полях шахты Краснолиманская (Украина). На примере трех событий 2007, 2008 и 2015 г., которые сопровождались гибелью шахтеров, показана необходимость учета экологических факторов окружающей среды электромагнитной природы. В сложных геологических условиях при подземной разработке угольных пластов необходимо учитывать нарушения горного массива, которые являются коллекторами свободного метана. Предложенный метод расчета таких атрибутов волнового поля как когерентность и кривизна, полученных при 3D сейсмических разведочных работах, позволил отождествить зоны малоамплитудных тектонических нарушений, в которых произошли аварийные ситуации.

На основе детального анализа состояния космической погоды, включающей активные процессы в атмосфере Солнца, межпланетную среду, вариации потока галактических космических лучей, магнитосферу и ионосферу Земли сделан вывод об обусловленности моментов инициирования аварий в угольных шахтах факторами космической погоды. Спектральные характеристики флуктуаций показаний нейтронного монитора станции галактических космических лучей являются индикаторами и предвестниками событий в литосфере, связанных с высвобождением упругой энергии угольных пластов, приводящих к внезапным выбросам метана и обрушениям горной породы в шахтах.

Таким образом, строение зон тектонических нарушений угольного пласта 13 указывает на преобладающую роль сдвиговых деформаций. Обращает на себя внимание приуроченность аварий к зонам аномальных значений сейсмических атрибутов. Пространственная локализация газодинамических явлений (ГДЯ), связанных внезапными выбросами газа определяется нарушением углепородного массива. Временная локализация аварий согласно результатам исследований событий на шахте Краснолиманская обусловлена активными процессами в атмосфере Солнца, реги-

страция которых возможна в настоящее время космическими средствами в рентгеновской и УФ области спектра (ИСЗ GOES, MDO) и наземными средствами (нейтронные мониторы, ионозонды и др.)

Solar activity and the Earth's climate

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

¹*Space Research and Technologies Institute — BAS, Sofia, Bulgaria,
e-mail: bkirov@space.bas.bg*

²*GAO RAN*

Variations in weather and climate are related to variations in atmospheric circulation. In turn, atmospheric circulation is related to the Earth's rotation rate or, in other words, the length of the day. From the conservation of the angular momentum it follows that there should be a relation between the zonal circulation and the Earth's rotation rate, and vice versa. One of the main factors leading to changes in the global atmospheric circulation are the temperature anomalies. Another factors are such local phenomena with global consequences like El Nino/Southern Oscillation (ENSO).

In the present work we demonstrate the influence of solar activity on the above phenomena, and therefore on climate.

Модель динамо северо-южной асимметрии солнечной активности

Кичатинов Л.Л.^{1,2}, Непомнящих А.А.¹

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

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

Наблюдения обнаруживают долговременную северо-южную асимметрию пятенной активности Солнца: северное либо южное полушарие попеременно показывают более высокую активность в течение нескольких солнечных циклов. В теории динамо, северо-южную асимметрию магнитной активности связывают с суперпозицией магнитных полей с квадрупольным и дипольным характером экваториальной симметрии. Вероятной причиной такой суперпозиции считается генерация квадрупольных полей из доминирующего дипольного поля из-за зависящих от широты флуктуаций параметров динамо. Однако малая (порядка одного месяца) длительность флуктуаций по сравнению с периодом солнечного цикла вызвала сомнения в данном объяснении. На примере численной модели динамо с флуктуирующими параметрами показано, что несмотря на малую длительность флуктуаций, характер порождаемой ими северо-южной асимметрии изменяется на больших масштабах времени (≈ 50 лет). Такая длительность асимметрии в предлагаемой модели связана с относительно высокой добротностью колебаний квадрупольной составляющей магнитного поля. Высокая добротность колебаний, вызываемых кратковременными случайными воздействиями, не является исключительной особенностью механизма динамо. Приведены примеры и объяснения подобных явлений из других областей физики.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 17-02-00088).

**Механизмы пятнообразования и долговременные
свойства активности Солнца**

Kleeorin N.^{1,2}, Rogachevskii I.^{1,2}, Safiullin N.³, Porshnev S.^{3,4}

¹*Ben-Gurion University of the Negev, Beer-Sheva, Israel,
e-mail: nat@bgu.ac.il*

²*Nordita, Stockholm, Sweden, e-mail: gary@bgu.ac.il*

³*Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia,
e-mail: n.t.safiullin@urfu.ru*

⁴*N.N. Krasovskii Institute of Mathematics and Mechanics (IMM UB
RAS), Ekaterinburg, Russia, e-mail: sergey_porshnev@mail.ru*

We apply a nonlinear mean-field dynamo model which includes a budget equation for the dynamics of Wolf numbers to predict solar activity [1]. This dynamo model takes into account the algebraic and dynamic nonlinearities of the α effect, where the equation for the dynamic nonlinearity is derived from the conservation law for the magnetic helicity. The budget equation for the evolution of the Wolf number is based on a formation mechanism of sunspots related to the negative effective magnetic pressure instability (NEMPI). This instability has been predicted theoretically and detected in direct numerical simulations (see review [2]). NEMPI redistributes the magnetic flux produced by the mean-field dynamo. To predict solar activity on the time scale of one month we use a method based on a combination of the numerical solution of the nonlinear mean-field dynamo equations and the artificial neural network [3]. A comparison of the results of the prediction of the solar activity with the observed Wolf numbers demonstrates a good agreement between the forecast and observations.

- [1] Kleeorin Ya., Safiullin N., Kleeorin N., Porshnev S., Rogachevskii I., Sokoloff D., // MNRAS, 2016, v. 460, p. 3960.
- [2] Brandenburg A., Rogachevskii I., and Kleeorin N., // New J. Phys., 2016, v. 18, 125011.
- [3] Safiullin N., Kleeorin N., Porshnev S., Rogachevskii I., Ruzmaikin A. // J. Plasma Phys., 2018, v. 84, 735840306.

Машинное обучение в прогнозировании солнечных вспышек. Современное состояние и перспективы

Князева И.С.^{1,2}, Макаренко Н.Г.^{1,3}

¹ Главная (Пулковская) Астрономическая Обсерватория РАН,
Санкт-Петербург

² e-mail: iknyazeva@gmail.com

³ e-mail: ng-makar@mail.ru

В последние несколько лет появилось большое количество работ [1],[2] в которых изложены попытки приложения новых моделей машинного обучения к задаче прогноза солнечных вспышек. Кроме давно используемых методов классификации, применяются различных архитектуры нейронных сетей, позволяющие работать с изображениями напрямую (сверточные сети) [3], а также учитывать эволюционные паттерны (рекуррентные сети) [4]. В докладе представлен обзор основных трендов в области машинного обучения данным для прогнозирования солнечных вспышек. Мы расскажем об основных результатах, полученных в последних работах. Доклад содержит и наши результаты в области построения моделей оперативного прогноза и использованию сверточных нейронных сетей для классификации типов активных областей.

- [1] Leka K.D., Park S.H, Kusano K, et al.// ApJS. 2019;243(2):36.
doi:10.3847/1538-4365/ab2e12
- [2] Falco M, Costa P, Romano P.// J Space Weather Space Clim. 2019;9:A22.
doi:10.1051/swsc/2019019
- [3] Huang X, Wang H, Xu L, Liu J, Li R, Dai X., //ApJ. 2018;856(1):7.
doi:10.3847/1538-4357/aaae00
- [4] Liu H, Liu C, Wang JTL, Wang H.// ApJ. 2019;877(2):121.
doi:10.3847/1538-4357/ab1b3c

Multi-wavelength Study of a Solar Two-ribbon Flare

Koleva K.¹, Dechev M.²

¹*Space Research and Technology Institute — Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria, e-mail: kkoleva@space.bas.bg*

²*Institute of Astronomy with National Astronomical Observatory - Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria*

A study of a two-ribbon flare preceded by a filament/prominence eruption is presented. The event was observed between 00:00 UT and 08:00 UT on 2014 February 18 in a quiet solar region.

The multi-wavelength analysis of the flare was made using data obtained from the Solar Dynamics Observatory (SDO). The kinematics and evolution of the ribbons were estimated using images in 131, 171, 195, 211 and 304 Å EUV channels. The overlying magnetic fields evolution was examined by SDO/HMI data.

Анализ временного ряда среднегодовых значений общепланетарного вулканического индекса (VEI) в связи с солнечной и геомагнитной активностью за последние 400 лет

Комитов Б.П.¹, Кафтан В.И.²

¹*Институт астрономии с Национальной астрономической обсерватории — Болгарская академия наук, София, e-mail: komitovboris97@gmail.com*

²*Геофизический центр — Российская академия наук, Москва, e-mail: kaftan@geod.ru*

В этой работе представлены предварительные результаты анализа временного ряда среднегодового вулканического индекса (VEI) за последние ~400 лет с начала XVII века до 2012 г. Используются данные архива Global Volcanism Program Смитсоновского института США. Обсуждаются триггерные механизмы влияния активности Солнца и геомагнетизма на вулканическую активность

Солнечно обусловленные колебания климата Южной Болгарии: Анализ годовых колец иглолистных древесных образцов

Комитов Б.П.¹, Кафтан В.И.²

¹*Институт астрономии с Национальной астрономической обсерватории — Болгарская академия наук, София, e-mail: komitovboris97@gmail.com*

²*Геофизический центр — Российская академия наук, Москва, e-mail: kaftan@geod.ru*

Темой настоящей работы является анализ временных рядов ширины годовых колец древесных иглолистных образцов, данные для которых были получены в ходе выполнения совместного научно-исследовательского проекта Института астрономии с НАО Болгарской академии наук и Министерства земеделия и продовольствия Болгарии в 2012-2014 гг. Она является продолжением нашей прежней работы [1]. Из всех, использованных в исследовании в рамках данного проекта, образцов лишь 4 являются иглолиственными. Образцы были взяты с деревьев, произраставших в Южной Болгарии. Одно из деревьев ель (*Picea*), а остальные три - сосны (*Pinus sylvestris*). Возраст образцов изменяется в интервале 65-129 лет.

Временные ряды были исследованы с целью выявления статистически значимых цикличностей и трендов. Для выявления цикличностей были использованы два метода: Т-*R* периодограммный анализ [2] и вейвлет-анализ [3]. Нисходящие тренды были установлены для всех 4 временных рядов. После их исключения выявлены статистически значимые циклы с периодами 10-11, 20-22, 26-28, 38, 51-55 и 64-68 лет. У всех выявленных колебаний есть аналоги в солнечной и геомагнитной активности. При помощи кросс-корреляционного анализа для одного спила сосны была установлена статистически значимая связь с температурой приземного слоя воздуха, полученной на близко расположенной метеостанции. Установлено фазовое смещение $Dt = -3$ года (втупления колебаний ширины колец отстают по отношению температурным колебаниям). Этот результат хорошо согласуется с особенностями вегетационного цикла сосны.

- [1] Комитов Б., Кафтан В.//Солнечная и солнечно земная физика-2018, труды XXII Всероссийской конференции по физики Солнца, Санкт-Петербург, 2018,стр.231-234
- [2] Komitov B.// Bulg.Geophys.J., 1997, v. 23,p 74
- [3] Torrence C., Compo G.P// Bul. Am. Meteor. Soc. v. 79,p. 61

Трёхмерная модель спокойного солнечного протуберанца

Королькова О.А., Соловьев А.А.

ГАО РАН, Санкт-Петербург, e-mail: korolkovaoa@gmail.com

Рассчитывается стационарная 3D МГД-модель спокойного солнечного протуберанца, в которой компоненты магнитного поля зависят от трех переменных (r , ϕ , θ) в сферической системе координат. Волокно располагается на магнитной параллели. В зависимости от ориентации магнитного диполя (ось которого в общем случае не совпадает с осью вращения Солнца) волокно может находиться не на гелиографической параллели, а располагаться по отношению к ней под некоторым произвольным углом. Геометрическая форма волокна такова, что максимальная толщина его приходится на середину, а на концах оно утончается, и, соответственно, течения плазмы (альвеновское число Маха) максимальны в середине волокна и исчезают на концах. Выбор отношения длины протуберанца к его поперечному сечению является произвольным: можно моделировать как короткие, так и очень длинные волокна. Ось волокна в данной модели не является прямой линией, а отражает кривизну сферической поверхности.

Равновесные термодинамические параметры в системе (газовое давление, плотность и температура) рассчитываются в соответствии с заданной структурой магнитного поля. Внешняя среда, в которую погружена данная магнитная конфигурация, задается гидростатической моделью солнечной атмосферы Авретга-Лоезера. Полученные в рассматриваемой модели параметры плазмы волокна находятся в хорошем согласии с наблюдательными данными.

Цикл 7 лет

Котов В.А.

*Крымская астрофизическая обсерватория РАН, п. Научный, Крым
298409; vkotov@crao.crimea.ru*

В 1968–2018 гг. астрономы почти каждый день измеряли общее магнитное поле Солнца (КраО и шесть других обсерваторий: около 28 тыс. суточных значений напряжённости продольного поля видимой полусферы). Установлено, что один из главных периодов его изменения, $P_7 = 7.06(13)$ г., согласуется с 7-летней шкалой чандлеровского колебания полюсов Земли. Поскольку цикл P_7 в π раз короче длительности солнечного цикла 22.14(8) г., сделан вывод о космической природе обоих. Приведено голографическое выражение, связывающее 7-летний период с фундаментальными константами Вселенной.

Динамика распределения климатических параметров по фазам 11-летнего цикла солнечной активности

Крамынин А.П., Кузьменко И.В.

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

Исследуются динамика изменения погодных параметров (среднемесячные значения температуры и количество осадков) внутри солнечного цикла за период 1881-2018гг на примере Приморского края РФ. Использовался метод разложения по естественным ортогональным функциям матрицы, строки которой представляют собой годовой ход среднемесячных значений, исследуемого климатического параметра. Использование этого метода позволяет разделить влияние разных факторов на процесс и определить вклад каждого в общую дисперсию, исследуемого параметра. Ряды разложения быстро сходятся, причем вклад первой гармоники разложения существенно доминирует.

На усредненных по всем солнечным циклам соответствующих распределений климатического параметра показывает, что максимумы температуры и осадков сдвинуты на ветвь спада солнечного цикла. А анализ двумерных диаграмм в координатах фаза цикла — номер цикла выявляет дрейф экстремальных значений климатических параметров от цикла к циклу. Что может быть связано с небольшим различием длительности солнечного и климатического циклов.

Влияние углового распределения ленгмюровских волн на направленность радиоизлучения на двойной плазменной частоте

Кудрявцев И.В.^{1,2}, Кальтман Т.И.³

¹ ФТИ им. А.Ф. Иоффе, Санкт-Петербург, Россия,
e-mail: Igor.Koudriavtsev@mail.ioffe.ru

² ГАО РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

³ САО РАН, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: arles@mail.ru

Рассматривается направленность радиоизлучения на двойной плазменной частоте [1]. Известно, что во время солнечных вспышек происходит ускорение заряженных частиц до релятивистских энергий, которые генерируют жесткое рентгеновское и радиоизлучение [2]. Такое ускорение частиц может иметь связь с движениями сгустков плазмы на Солнце [3]. Направленность генерируемого радиоизлучения указывает на механизм

возбуждения турбулентности: является ли она следствием ускорения электронов (с формированием ленгмюровской турбулентности с угловым распределением, максимум которого соответствует направлению движения этих электронов) или первичного процесса энерговыведения (с изотропным распределением ленгмюровской турбулентности)

В результате рассмотрения направленности поперечных электромагнитных волн, генерируемых в плазме ленгмюровской турбулентностью, показано, что их угловое распределение сильно зависит от углового распределения плазменной турбулентности $\chi(\vartheta)$, где ϑ — питч-угол ленгмюровской волны. Расчеты проводились как для различных видов углового распределения $\chi(\vartheta)$ ($\propto \cos^{2n}\vartheta$ и $\propto \sin^{2n}\vartheta$), так и для изотропного распределения. Показано, что особенности направленности радиоизлучения позволяет судить о виде углового распределения турбулентности. Таким образом, измерение направленности радиоизлучения может быть дополнительным каналом информации о физических процессах во вспышечной плазме.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 18-29-21016.

- [1] Цытович В.Н., Теория турбулентной плазмы, М, Атомиздат 1971
- [2] Железняков В.В., Зайцев В.В.// АЖ, 47, 60-75, 1970.
- [3] Takasao S. et al.// Astrophys. J., V. 828, 103, 2016

**Гелиосферный модуляционный потенциал,
реконструированный на основе данных по содержанию
космогенного изотопа ^{10}Be во льдах Гренландии
и экстремумы активности Солнца**

Кудрявцев И.В.

*ФТИ и.м. А.Ф. Иоффе, г. Санкт-Петербург, Россия,
e-mail: Igor.Koudriavtsev@mail.ioffe.ru*

Доклад посвящен рассмотрению вариаций гелиосферного модуляционного потенциала (ГМП) и активности Солнца на основе данных о содержании космогенного изотопа ^{10}Be во льдах Гренландии NGRIP [1]. ГМП, как известно, описывает модуляцию галактических космических лучей (ГКЛ)

межпланетным магнитным полем (ММП) при их распространении в солнечной системе. ММП, в свою очередь, изменяется при изменении солнечной активности. Таким образом, реконструкция ГМП позволяет нам изучать активность Солнца в прошлом. До настоящего времени не прекращаются обсуждения глобальных минимумов солнечной активности Шпёрера ($\approx 1400-1510$ гг.) и Маундера ($\approx 1645-1715$ гг.) — были ли они более глубокие, чем минимум Дальтона ($\approx 1790-1830$ гг.) или нет?

Проведенные расчеты показывают, что минимальные значения ГМП во время минимумов Шперера, Маундера и Дальтона могли опускаться до нулевых значений. Минимальные величины усредненных по 11 годам значениям ГМП во время минимумов Маундера и Дальтона очень близки. Таким образом, данные NGRIP не указывают на то, что глубина минимума Маундера была экстремально низкой. Более того, глубины минимумов Маундера и Дальтона могли быть сравнимы, на что и указывалось в работах [2], [3]. Подобная ситуация имеет место и для минимума Шперера, данные [1] не позволяют сделать вывод об экстремально низкой активности Солнца в этот период. Хотя надо отметить, что длительность минимумов Шпёрера и Маундера значительно превышала длительность минимума Дальтона.

- [1] Berggren A.-M. et al. // Geophys. Res. Lett., 2009, 36, L11801
- [2] Zolotova N.V. and Ponyavin D.I. // Astrophys. J., 2015, V.800, id42
- [3] Koudriavtsev I.V. et al. // Geomag. and Aeronomy, 2016, V56, P998.

**Пространственно-временная динамика быстрых
электронов, распространяющихся во вспышечной
плазме с учетом взаимодействия
с ленгмюровской турбулентностью**

Ватагин П.В., Кудрявцев И.В.

*ФТИ им. А.Ф. Иоффе, г. Санкт-Петербург, Россия,
e-mail: Igor.Koudriavtsev@mail.ioffe.ru*

Основное внимание при изучении распространения в солнечной плазме ускоренных во время вспышек электронов уделяется до настоящего времени их кулоновскому взаимодействию с частицами плазмы. Часто производится учет изменения концентрации плазмы и магнитного поля

вдоль вспышечной петли. Такой подход объясняется необходимостью описания параметров жесткого рентгеновского излучения солнечных вспышек. Меньшее внимание уделяется учету взаимодействия быстрых электронов с плазменными волнами. Как известно, быстрые электроны могут возбуждать плазменные ленгмюровские волны и быстро релаксировать при взаимодействии с ними. В свою очередь эти волны порождают радиоизлучение солнечной плазмы, которое также несет информацию о физических процессах на Солнце и регистрируется при наблюдениях. Изучение этого взаимодействия к настоящему времени ограничивается либо временной динамикой в однородной плазме, либо пространственной эволюцией в стационарном приближении. В докладе рассматривается пространственно-временная эволюция функции распределения быстрых электронов, при их распространении в плазме с постоянной концентрацией, и спектральной плотности ленгмюровской турбулентности. Расчеты проводились с использованием метода суммарной аппроксимации. Было в частности показано, что при средней скорости быстрых электронов 10^{10} см/с и их концентрации 10^4 см $^{-3}$, трансформация их функции распределения в плазме с концентрацией 10^{10} см $^{-3}$ начинается с момента времени 10^{-5} с. С удалением от места инжекции электронов в плазму максимум их распределения смещается в область больших скоростей. По мере распространения электронов в плазме происходит генерация плазменной турбулентности за доли миллисекунды и релаксация функции распределения быстрых электронов. При этом энергия ленгмюровских колебаний резко падает на расстоянии от места инжекции электронов $\propto 10^5$ см.

Закон Джоя для групп солнечных пятен на высоких и низких широтах

***Кузанын К.М.¹, Клиорин Н.И.², Рогачевский И.В.²,
Тлатов А.Г.³***

¹*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн РАН (ИЗМИРАН), Москва, e-mail: kuzanyan@izmiran.ru*

²*Университет Бен Гурион, Бир-Шева, Израиль, e-mail: nat@bgu.ac.il*

³*Горная Астрономическая станция ГАО РАН (ГАС ГАО РАН), Кисловодск, e-mail: tlatov@mail.ru*

Мы описываем модель закрутки крупномасштабных магнитных полей во всплывающей биполярной магнитной структуре на Солнце и рассчитываем вклады в углы закрутки (тильт) вследствие дифференциального вращения и изначальной закрученности магнитного поля механизмом динамо с учетом магнитной спиральности. Развита теория закрученности

биполярной области с учетом механизма неустойчивости на основе отрицательного эффективного магнитного давления, см. недавнюю работу [1]. Важнейшими теоретическими результатами является в среднем ненулевые значения тильта (угла закрутки) вблизи экватора Солнца, которые меняются в зависимости от знака глобального поля в 22-летнем магнитном цикле (четные и нечетные 11-летние циклы). Таким образом, уточнен закон Джоя, по которому средний тильт ранее считался в основном пропорциональным синусу широты. Более того, реалистичный учет дифференциального вращения Солнца дает изменения дает отклонения от простейшего синуса гелио-широты на средних и относительно высоких широтах. Данные результаты хорошо согласуются с недавно полученными наблюдательными статистическими результатами по зависимости тильт-угла от широты и времени ([2]).

Работа поддержана грантом РФФИ 18-12-00131.

- [1] Kuzanyan, K.M.; Safiullin, N.; Kleeorin, N.; Rogachevskii, I.; Porshnev, S. // «Large-Scale Properties of the Tilt of Sunspot Groups and Joy's Law Near the Solar Equator» *Astrophysics*, 2019, v. 62, pp.261-275 (arXiv:1810.05200).
- [2] Tlatova, K.; Tlatov, A.; Pevtsov, A.; *et al.* // «Tilt of Sunspot Bipoles in Solar Cycles 15 to 24», *Solar Physics*, 2018, v. 293, article id. 118, 12 pp.

МГД ударные волны и турбулентность в бесстолкновительной плазме солнечного ветра

Кузнецов В.Д., Осин А.И.

ИЗМИРАН, Москва, e-mail: kvd@izmiran.ru

Применительно к бесстолкновительной плазме солнечного ветра приводится решение для МГД ударных волн в рамках 8-моментного МГД-приближения. Определены области параметров соответствующие волнам сжатия и разрежения, а также неустойчивости плазмы и разным направлениям тепловых потоков за фронтом ударной волны. Проанализирована эволюционность ударных волн в плазме с тепловыми потоками, когда скорость линейных волн зависит от величины и направления теплового потока.

О природе нестационарных свойств КПП радиоизлучения трех солнечных вспышек

Куприянова Е.Г.¹, Колотков Д.Ю.², Кашапова Л.К.³,
Кудрявцева А.В.³, Брумол А.-М.²

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

² CFSA, University of Warwick, Coventry, UK,

³ Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск

Основной целью исследования квазипериодических пульсаций (КПП) в излучении солнечных вспышек является извлечение стационарных или медленно меняющимися параметров, содержащихся в сигнале, таких как период, амплитуда, фаза. Однако последние исследования указывают на то, что во многих случаях эти параметры КПП могут значительно меняться во времени, т.е. быть нестационарными. Существует два типа нестационарности: одна, физическая, вызвана изменением во времени параметров вспышечной плазмы, а другая, мультипериодическая, обусловлена суперпозицией нескольких физических процессов, происходящих одновременно, включая коррелированный фоновый шум.

Мы демонстрируем эти два вида нестационарности с характерными временными масштабами от 15 с до 400 с на примере микроволнового излучения трех солнечных вспышек. Для анализа временной структуры вспышечных профилей микроволнового излучения использована оригинальная методика, основанная на комбинации стандартных статистических методов, таких как автокорреляция, периодограмма Фурье, вейвлет-анализ, и относительно нового метода разложения по эмпирическим модам (EMD), с учетом тренда и шума. В качестве наблюдательной основы для анализа выбраны корреляционные кривые, полученные Сибирским радиогелиографом (СРГ-48). Инструментальные эффекты исключены сопоставлением полученных временных профилей СРГ-48 с доступными микроволновыми данными других приборов.

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ № 17-52-10001 Ко-а.

Тестирование методов распознавания КПП с нестационарными параметрами

Куприянова Е.Г.¹, Кальтман Т.И.², Брумол А.-М.³,
Мехта Т.³

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

² Специальная астрофизическая обсерватория РАН, СПб филиал,
Санкт-Петербург

³ University of Warwick, Coventry, UK

В настоящее время общепризнана роль квазипериодических пульсаций (КПП) излучения солнечных и звездных вспышек в диагностике вспышечных процессов. Для распознавания и анализа КПП обычно применяются стандартные статистические методы: автокорреляционный анализ, периодограмма Фурье, вейвлет-анализ. В большинстве случаев применение таких методов оправдано, поскольку период большинства найденных КПП сохраняется почти постоянным. Однако в последнее время стали появляться указания на КПП с нестационарными, т. е. заметно меняющимися во времени, параметрами. Анализ таких КПП стандартными методами приводит к появлению артефактов. Метод разложения по эмпирическим модам (EMD), не имеющий базовых периодических функций, лучше подходит для анализа таких КПП. Однако каждый из перечисленных методов имеет свои достоинства и свои недостатки.

В данном докладе мы представляем результаты тестирования перечисленных методов на основе большой выборки синтетических временных профилей, где каждый профиль формируется из трех основных компонент: медленно меняющегося низкочастотного тренда, КПП и шума. Большая выборка формируется за счет вариаций параметров этих компонент: форма тренда, отношение периода КПП к ширине тренда, период и амплитуда КПП, цвет шума (белый или красный) и т.д., а также способа комбинации этих компонент (аддитивный, мультипликативный). Тестируются два семейства КПП: мультипериодические и КПП с меняющимся периодом.

Выполнено при поддержке гранта РФФИ № 17-52-10001 Ко-а.

Эффективность прогнозирования вспышек в активных областях Солнца по микроволновым данным

Курочкин Е.А., Богод В.М., Петерова Н.Г., Шендрик А.В.

*Санкт-Петербургский Филиал Специальной Астрофизической
Обсерватории РАН, e-mail: 79046155404@yandex.ru*

Регулярность наблюдений радиоизлучения Солнца на крупном инструменте РАТАН-600 позволяет получать информацию о текущем состоянии его корональной активности. При этом, важное значение имеют подробные знания о радиоизлучении каждой активной области в периоды ее зарождения, генерации вспышечного энерговыделения и распада. Также важно иметь информацию о состоянии АО к генерации повторных вспышек. Благодаря высокой чувствительности в широком спектральном диапазоне волн и большому динамическому диапазону наблюдения на РАТАН-600 позволяют регистрировать раннее появление (за 1-3 дня) вспышечных АО на восточном лимбе Солнце и возникновение уярчений непосредственно на его диске. Сегодня, основным критерием прогноза является анализ коротковолновых подъемов в спектре, связанных с выходом нового магнитного потока в АО. Существующий архив Солнечных наблюдений РАТАН-600 включает в себя данные с 1997 г. по настоящее время (то есть почти за два Солнечных цикла) в широком диапазоне частот (3.00-18.00 ГГц, а в некоторых случаях 0.75-18.00 ГГц) с регистрацией в интенсивности и поляризации (параметры Стокса I и V). Этот архив содержит спектральную микроволновую информацию о большом количестве АО, что позволяет применять различные критерии прогнозирования и исследовать их эффективность.

- [1] Bogod V. M.; Svidskiy P. M.; Kurochkin E. A.; Shendrik A. V.; Everstov N. P., *Astrophysical Bulletin*, Volume 73, Issue 4, pp.478-486

Дифференциальное вращение магнитных структур с различным магнитным потоком

Куценко А.С.

*Крымская астрофизическая обсерватория РАН, Научный,
e-mail: alex.s.kutsenko@gmail.com*

Дифференциальное вращение, конвертирующее полоидальную компоненту глобального магнитного поля в тороидальную, является одним из

основных «ингредиентов» большинства моделей глобального динамо (см., например, [1]). Среди основных методов определения скорости дифференциального вращения можно выделить измерение доплеровского смещения спектральных линий и прямое измерение скорости различных трассеров ([2]). Многочисленные исследования показывают различные скорости вращения даже для одного типа трассеров, например, для магнитных структур на поверхности Солнца. Группы солнечных пятен показывают разделение по скорости дифференциального вращения на две группы [3], что может быть связано с различной глубиной формирования магнитных структур.

Цель данной работы — провести анализ скорости дифференциального вращения магнитных структур с различным магнитным потоком. В качестве исходных данных использовались магнитограммы полного диска продольного магнитного поля инструмента SDO/HMI. Магнитные трассеры — активные и эфемерные области — вручную выделялись на магнитограммах и отслеживались в течение всей жизни или пока трассер находился в пределах 60° от центрального меридиана. С помощью библиотек пакета SSWIDL определялись гелиографические координаты средневзвешенных центров трассеров, что позволяло рассчитывать скорость дифференциального вращения.

В докладе представлены результаты исследования и дана возможная физическая интерпретация наблюдаемым явлениям.

- [1] Charbonneau P. // *Liv. Rev. in Solar Phys.*, 2010, v. 7, p. 3.
- [2] Beck J.G. // *Solar Phys.*, 1999, v. 191, p. 47.
- [3] Nagovitsyn Yu.A., Pevtsov A.A., Osipova A.A. // *Astr. Letters*, 2018, v. 44, p. 202.

Спектры мощности затухающих активных областей

Куценко О.К., Абраменко В.И., Куценко А.С.

*Крымская астрофизическая обсерватория РАН, пгт. Научный,
e-mail: olga.k.kutsenko@yandex.ru*

В данной работе исследовались спектры мощности магнитного поля затухающих активных областей. Спектры мощности рассчитывались согласно подходу, предложенному в работе [1]. Исходными данными служили магнитограммы полного вектора магнитного поля, полученные инструментом Helioseismic and Magnetic Imager орбитальной обсерватории Solar Dynamics Observatory.

Целью работы было установить возможность применения радиальной компоненты вектора магнитного поля для расчетов спектров мощности активных областей, а также определить, как изменяется наклон спектра мощности магнитного поля на стадии затухания активной области.

В предыдущих исследованиях для расчетов спектров мощности использовалась продольная компонента магнитного поля, исследовались активные области, наблюдавшиеся в пределах 30 гелиографических градусов от центрального меридиана. Однако, для проведения исследований на большем временном интервале необходимо использовать радиальную компоненту, погрешность (шумы) определения которой на порядок превосходит шумы при измерении продольной компоненты. Поэтому первый этап работы был посвящен сравнительному анализу спектров мощности магнитного поля, рассчитанных по радиальной и продольной компонентам магнитного поля. Установлено, что выбор исходных данных слабо влияет на форму и наклон спектров: в спектрах мощности наблюдалось лишь отсутствие завала на малых масштабах при использовании радиальной компоненты магнитного поля в расчетах, что объясняется большими шумами в высокочастотном диапазоне. На интервале, используемом для расчетов, спектры мощности хорошо согласуются.

На втором этапе работы были рассчитаны спектры мощности магнитного поля нескольких затухающих активных областей. Был проведен анализ изменений наклона спектра в процессе распада активной области.

[1] Abramenko V.I. // *Astrophys. J.*, 2005, v. 629, p. 1141.

Кросс-волновой анализ усредненного профиля вспышки Солнца-как-звезды

Ларионова А.И.¹, Брумол А.-М.², , Кашапова Л.К.³,
Куприянова Е.Г.¹

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

² CFSA, University of Warwick, Coventry, UK,

³ Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск

Эмпирический шаблон, описывающий фазу спада усредненного временного профиля вспышки, может быть интересен и полезен для понимания как процессов охлаждения плазмы, так и сравнения условий звездных и солнечной атмосфер. Однако временные профили звездных вспышек наблюдаются, в основном, в белом свете. В случае Солнца, есть подробная информация о хромосферных и корональных вспышках, однако, выборка белых вспышек очень мала. Известный в настоящее время шаблон для солнечных вспышек разработан на основе наблюдений в мягком рентгеновском диапазоне [1, 2], а шаблон для звездных вспышек получен на основе наблюдений KEPLER одной звезды в белом свете [3]. Цель настоящего исследования состоит в том, чтобы построить шаблон фазы спада солнечных вспышек, который можно было бы использовать для сопоставления со звездными результатами. Мы представляем методику, основанную на работе [3]. Особенность нашего подхода заключается в кросс-волновом анализе излучения в полосах 1700 \AA , 1600 \AA и 304 \AA , позволяющем проследить отличия процессов охлаждения плазмы на разных высотах в области фотосферы-хромосферы. Обсуждаются первые результаты, которые были получены для временных интегральным профилям вспышек Солнца-как-звезды по данным SDO/AIA за 2011–2017 гг.

Выполнено при поддержке гранта РФФИ № 17-52-10001 Ко-а.

- [1] Sylwester et al. // Astron. Astrophys., 1993, v. 267, p. 586
- [2] Gryciuk et al. // Solar Phys., 2017, v. 292, p. 77
- [3] Davenport et al. // Astrophys. J., 2014, v. 797, p. 122

**Радиоуглеродные данные с конца 18 века как
отражения вариаций солнечной активности,
естественных климатических изменений
и антропогенной активности**

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

¹ ГАО РАН, г. Санкт-Петербург, Россия, e-mail: velendia@yandex.ru

² ФТИ им. А.Ф. Иоффе, г. Санкт-Петербург, Россия

Данные по содержанию космогенного изотопа ^{14}C в природных архивах позволяют нам изучать вариации интенсивности космических лучей (КЛ) и активности Солнца в прошлые столетия и тысячелетия. Однако, на концентрацию изотопа ^{14}C в атмосфере Земли влияет не только интенсивность приходящих к Земле ГКЛ, модулируемых межпланетным магнитным полем и изменяющимся при изменении СА. Существенное влияние оказывают изменения геомагнитного поля, препятствующие проникновению заряженных частиц в атмосферу, а также климатические изменения, приводящие к перераспределению радиоуглерода между природными резервуарами (атмосфера, биосфера, гумус, океан). В 19 веке к этим факторам добавилась антропогенная активность, которая привела к выбросам в атмосферу углекислого газа в результате сгорания нефти и угля, не содержащими изотопов ^{14}C (Зюсс-эффект). В этот же период происходит и глобальное потепление, которое может приводить к перераспределению углерода между природными резервуарами. Поэтому актуальным является вопрос о влиянии изменения климата на результаты реконструкции скорости генерации космогенного изотопа ^{14}C в атмосфере под действием КЛ. С этой целью нами производится численное моделирование влияния изменения климатических режимов обмена радиоуглеродом между природными резервуарами с конца 18 века по первую половину 20-го. Приводятся результаты реконструкции скорости генерации изотопа ^{14}C под действием КЛ. Работа поддержана грантами РФФИ 18-02-00583 и 19-02-00088.

Каталог и библиография активных красных карликов, изученных в КрАО

Логачев К.В., Радлюк О.А., Шляпников А.А.

*Крымская астрофизическая обсерватория РАН, Научный, Крым,
e-mail: kir@crao.crimea.ru*

По публикациям информации об исследованиях активных красных карликов, в которых принимали сотрудники КрАО, создан каталог. В него вошли данные об изученных объектах из статей, опубликованных в «Известиях Крымской астрофизической обсерватории» и других изданий, монографии Р.Е. Гершберга «Активность солнечного типа звёзд главной последовательности» [1] и каталога «Звёзд с активностью солнечного типа» — GTSh10 [2].

Структура каталога соответствует базовому стандарту, разработанному при создании Индекс-каталога «Известий Крымской астрофизической обсерватории» [3], и содержит информацию о координатах объектов на эпоху 2000.0 года, базовому обозначению звёзд по SIMBAD, обозначению в использованной библиографии, типу объектов, звёздной величине, спектральному классу, библиографическому коду SAO/NASA ADS.

Каталог подготовлен в стандартах Международной виртуальной обсерватории и представлен в интерактивном атласе неба Aladin с гиперссылками к основным астрономическим базам данных и библиографическим источникам.

Работа выполнена при частичной поддержке грантов РФФИ № 18-32-00775 и № 19-02-00191.

- [1] Гершберг Р.Е. «Активность солнечного типа звёзд главной последовательности» // Симферополь: ООО «Антиква», 2015, С. 614.
- [2] Gershberg R.E., Terebizh A.V., Shlyapnikov A.A. // Bulletin of the Crimean Astrophysical Observatory, 2011, V. 107, I. 1, pp. 11-19.
- [3] Logachev K.V., Shlyapnikov A.A. // Izvestiya Krymskoj Astrofizicheskoj Observatorii, 2018, V. 114, I. 6, pp. 32-34.

Radio Sources of a Complicated Type II Radio Burst

Suli Ma

*CAS Key Laboratory of Solar Activity, National Astronomical
Observatories of Chinese Academy of Sciences, Datun Road 20A,
Chaoyang District, Beijing, China*

A complicated type II solar radio burst and its associated CME and low coronal shock occurred on 2013 Nov 19. Using the data from the Atmospheric Imaging Assembly (AIA) and Nancay Radioheliograph, we studied the sources of the type II radio sources and analyzed their formation mechanism. The radio sources in the frequencies below 300 MHz are likely affected by the medium-scale traveling ionospheric disturbances. We also discussed a correction method to reduce this influence.

Амплитудные и временные характеристики 27-дневных вариаций потока ГКЛ по данным эксперимента ПАМЕЛА

*Майоров А.Г., Юлбарисов Р.Ф. от имени коллаборации
ПАМЕЛА*

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

Магнитный спектрометр ПАМЕЛА [1] с высоким энергетическим разрешением измерял различные компоненты космических лучей в диапазоне энергий от ~ 80 МэВ/нук до нескольких сотен ГэВ/нук в течение июня 2006 – января 2016 года.

В работе исследовались энергетическая и временная зависимости амплитуды 27-дневных вариаций потока протонов, наблюдавшихся в эксперименте с сентября 2007 года по апрель 2008 года. Для определения амплитуды использовался вейвлет-анализ, позволяющий работать с нестационарными временными рядами и выделять 27-дневные гармоники в различные моменты времени.

Получена зависимость амплитуды вариаций от жесткости протонов космических лучей в диапазоне от ~ 0.4 ГВ до ~ 5 ГВ. Показано, что амплитудно-энергетическая зависимость не может быть описана степенным законом при низких энергиях в области $0.4 - 1$ ГВ.

- [1] Picozza P., Galper A.M., Castellini G. et al. PAMELA // *Astropart. Phys.*, 2007, v. 27, p. 296.

Условия генерации турбулентности вистлеров нетепловыми электронами во вспышечных петлях

Мельников В.Ф.¹, Филатов Л.В.²

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

² ФГБОУ Нижегородский архитектурно-строительный
университет, Нижний Новгород, e-mail: filatovlv@yandex.ru

Известно, что вистлеры могут играть важную роль в кинетике нетепловых электронов во вспышечных петлях. Это относится как к процессам рассеяния электронов по питч-углам, так и к процессам их стохастического ускорения на турбулентности вистлеров, источником которой являются возмущения магнитного поля, возникающие при первичном нестационарном энерговыделении.

В настоящей работе проведено исследование условий генерации и поглощения турбулентности вистлеров нетепловыми электронами для широкого диапазона физических параметров, реализуемых в солнечных вспышечных петлях. Установлено, что эффективное усиление (генерация) вистлеров во вспышечной петле возможна только при вполне определенных условиях, в частности, когда: а) реализуется достаточно сильная питч-угловая анизотропия нетепловых электронов; б) магнитное поле относительно слабое (менее 200 Гс); в) плотность плазмы относительно велика (более 10^{10} см^{-3}). В этом случае генерируемая турбулентность вистлеров способна рассеивать электроны по питч-углам, приводя к быстрому высыпанию их из вспышечной петли в конус потерь и далее в плотные слои хромосферы. При других условиях, то есть, при слабой анизотропии, сильном магнитном поле и низкой плотности плазмы, энергичные электроны наоборот, будут не генератором, а мощным поглотителем энергии вистлеров, присутствующих во вспышечной петле. Это будет создавать благоприятные условия для эффективного удержания и накопления электронов во вспышечной петле.

Проявления в короне Солнца процесса генерации магнитного поля

Мерзляков В.Л., Старкова Л.И.

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

Исследуется проблема отражения в атмосфере Солнца магнитного поля, генерируемого в основании конвективной зоны. Рассмотрена ситуация

с изменением конфигурации коронального магнитного поля от действия источников полоидальной и тороидальной компонент этого магнитного поля. Индикатором изучаемого изменения был выбран широтный градиент кривизны оси корональных шлемов. В эпохи минимума солнечной активности обнаружена линейная взаимосвязь между изучаемыми величинами. На основе этой линейной взаимосвязи был оценен относительный вклад фотосферных активных областей и подфотосферных источников, которые создает конвекция. Доля активных областей в формировании коронального магнитного поля оказалась не более 40% от всех источников тороидальной компоненты. И это, в частности, объясняет 2-х кратное расхождение между регистрируемым магнитным полем солнечного ветра и рассчитанным по фотосферным магнитным данным.

Дрейфовые потоки вещества в корону Солнца

Мерзляков В.Л.

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

Исследованы дрейфовые перемещения хромосферной и корональной плазмы в спокойных областях Солнца. Проведены модельные расчеты в предположении, что дрейф происходит вследствие изменения магнитного поля солнечной атмосферы из-за действия конвекции. Установлено, что конвекция мезогрануляционного масштаба создает поток хромосферного вещества в корону $\sim 10^{-10}$ г/см² с. Такое же количество вещества уносится солнечным ветром. Это означает, что рассмотренный дрейфовый механизм является каналом поступления вещества в солнечную корону. В рамках предложенной модели был оценен и дрейфовый поток из короны в хромосферу. Этот обратный поток, как оказалось, составляет не более 1% от хромосферного потока.

Проявления в короне Солнца процесса генерации магнитного поля

Мерзляков В.Л., Старкова Л.И.

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

Исследуется проблема отражения в атмосфере Солнца магнитного поля, генерируемого в основании конвективной зоны. Рассмотрена ситуация с изменением конфигурации коронального магнитного поля от действия источников полоидальной и тороидальной компонент этого магнитного поля. Индикатором изучаемого изменения был выбран широтный градиент кривизны оси корональных шлемов. В эпохи минимума солнечной активности обнаружена линейная взаимосвязь между изучаемыми величинами. На основе этой линейной взаимосвязи был оценен относительный вклад фотосферных активных областей и подфотосферных источников, которые создает конвекция. Доля активных областей в формировании коронального магнитного поля оказалась не более 40% от всех источников тороидальной компоненты. И это, в частности, объясняет 2-х кратное расхождение между регистрируемым магнитным полем солнечного ветра и рассчитанным по фотосферным магнитным данным.

Долгопериодические нелинейные колебания двух типов корональных ярких точек

Миненко Е.П.

*Астрономический институт им. Мирзо Улугбека АН РУз.,
Ташкент, e-mail: minenkoekateria@mail.ru*

Наблюдения показали, что миниатюрная структура корональной яркой точки (КЯТ) может представлять собой систему из двух или трех миниатюрных петель диаметром 2500 км и длиной 12000 км /citeSheeley1. Считается, что данные миниатюрные петли формируются, магнитными трубками в основание которых находится мелкомасштабные биполярные магнитные структуры. Представлено подробное исследование избранных случаев корональных ярких точек, наблюдаемых одновременно на корональных снимках AIA/SDO 193 Å (Atmospheric Imaging Assembly/Solar Dynamics Observatory) и магнитных структур на фотосферных магнитограммах HMI/SDO 6173.3 Å (Helioseismic and Magnetic Imager) в условиях

корональной дыры. Анализ эволюции фотосферных магнитных особенностей и их коронального аналога показывает, что существует линейная зависимость между изменением интенсивности точки и полным магнитным потоком фотосферной биполярной структуры.

Ранее при рассмотрении трех случаев КЯТ были обнаружены долгопериодические колебания (в основном от 8 до 64 мин)/citeTian. Используя метод Фурье, рассмотрена интенсивность колебаний в избранных КЯТ двух типов (КЯТ спокойного Солнца и КЯТ связанных с активными регионами), наличие периодических колебаний дополнительно проверяется путем вейвлет-анализа. Найдено, что интенсивность колебаний носит разный характер для каждого типа, в частности колебания сильнее для КЯТ связанных со спокойным Солнцем. Возможно, полученный нами результат объясняется различным ходом эволюции для каждого типа, и сила колебаний напрямую зависит от силы магнитного пересоединения в каждой отдельно взятой КЯТ.

[1] Sheeley & Golub // Solar Phys., 1979, v 63, 1, pp. 119-126.

[2] H. Tian H., Xia L.-D. and Li S.// A&A, 2008, v 489, 2, pp. 741- 745.

New catalogs of solar energetic particles and properties of the associated flare emission

*Miteva R.*¹, *Samwel S.W.*², *Veronig A.*^{3,4}, *Dissauer K.*³,
*Koleva K.*¹, *Dechev M.*⁵

¹*Space Research and Technology Institute — Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria, e-mail: rmiteva@space.bas.bg*

²*National Research Institute of Astronomy and Geophysics, Helwan, Cairo, Egypt*

³*Institute of Physics, University of Graz, Graz, Austria*

⁴*Kanzelhöhe Observatory for Solar and Environmental Research, University of Graz, Austria*

⁵*Institute of Astronomy with National Astronomical Observatory — Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria*

Recent advancements in the cataloging of solar energetic particles (SEPs) — both, protons and electrons — are presented. Two separate catalogs, based on proton data from SOHO/ERNE [2] and electron data from ACE/EPAM [1] instruments, are currently under completion. The contents of the catalogs and the results on the statistical analysis are outlined. The focus here is on solar flares, which are one of the major solar sources of SEPs, in addition to coronal

mass ejections. We analyze the characteristics of the SEP-associated flares as observed in several wavelength ranges, namely X-ray, EUV and microwaves. The preliminary results are discussed and compared to previous findings.

- [1] Gold R. E., Krimigis S.M., Hawkins S.E.III, Haggerty D.K., Lohr D.A., Fiore E., Armstrong T.P., Holland G., Lanzerotti L.J. // Space Science Reviews, 1998, v. 86: 1/4, pp. 541-562.
- [2] Torsti J., Valtonen E., Lumme M., Peltonen P., Eronen T., Louhola M., Riihonen E., Schultz G., Teittinen M., Ahola K., Holmlund C., Kelh  V., Lepp l  K., Ruuska P., Str mmer E. // Solar Physics, 1995, v. 162: 1–2, pp. 505-531.

Изгибные колебания корональных магнитных трубок

***Михаилев Б.Б., Дертеев С.Б., Шивидов Н.К.,
Тухжин И.Ю.***

*Калмыцкий госуниверситет им. Б. Б. Городовикова, Элиста,
e-mail: bbmikh@mail.ru*

В корональной сейсмологии традиционно применяется модель однородной цилиндрической магнитной трубки [1]. На основе этой простой модели проводится моделирование различных возмущений корональных петель, например, в виде радиальных или изгибных колебаний. Разработана модель неоднородной магнитной трубки, содержащей продольные электрические токи, имеющей свои отличительные свойства [2, 3]. Главной особенностью новой модели является наличие азимутальной компоненты магнитного поля, что приводит к существованию продольного электрического тока. Именно наличие электрических токов, протекающих от одного основания корональной петли до другого, обычно считается признаком ее возможной вспышечной активности.

Хорошо изучены радиальные колебания неоднородной магнитной трубки [2, 3]. Показано, в частности, что фундаментальная радиальная мода не имеет отсечки в длинноволновой области. В настоящей работе изучаются изгибные колебания неоднородной магнитной трубки. В явном

виде строятся волновые решения, формулируется дисперсионное соотношение, анализируются дисперсионные свойства колебаний. Изучение проводится без учета газового давления, что применимо в отношении корональных петель.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 15-02-20001.

- [1] Степанов А. В., Зайцев В. В., Накаряков В. М. // УФН, 2012, т. 182, с. 999.
- [2] Михалыев Б.Б., Хонгорова О.В. // Письма в Астрон. журн., 2012, т. 38, с. 746.
- [3] Khongorova O.V., Mikhalyaev B.B., Ruderman M.S. // Solar Phys., 2012, v. 280. p. 153.

Нелинейные радиальные колебания корональных магнитных трубок

Михалыев Б.Б., Манжаева Г.А., Дертеев С.Б.

*Калмыцкий госуниверситет им. Б. Б. Городовикова, Элиста,
e-mail: bbmikh@mail.ru*

Радиальные колебания вспышечных корональных петель модулируют наблюдаемую интенсивность микроволнового и жесткого рентгеновского излучения, то есть служат причиной корональных осцилляций [1]. Для теоретического описания явления используются различные модели линейных колебаний магнитных трубок. Традиционно применяется модель однородной цилиндрической магнитной трубки. Разработана также модель магнитной трубки, содержащей продольные электрические токи [2].

Исследования нелинейного поведения радиальных колебаний в основном направлены на описание квазипериодических пульсаций. Для этого обычно используется метод нелинейного уравнения Шредингера [3]. В данной работе применяется другой подход, основанный на разложении, аналогичном разложению Стокса для волн на воде [4]. Это позволяет получить дисперсионное уравнение для нелинейной волны с учетом ее амплитуды.

В разложении учитывается слабая нелинейность, и в первом приближении находятся нелинейные поправки.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФ 15-02-20001.

- [1] Stepanov A.V., Zaitsev V.V. // *Geomagnetism Aeronomy*, 2014, v. 54, p. 969.
- [2] Khongorova O.V., Mikhalyaev B.B., Ruderman M.S. // *Solar Phys.*, 2012, v. 280. p. 153.
- [3] Mikhalyaev B.B., Ruderman M.S. // *J. Plasma Phys.*, 2015, v. 81, 905810611.
- [4] Whitham G.B. *Linear and nonlinear waves*. 1974. John Wiley & Sons. NY, London

Об источнике генерации теплового суб-терагерцового излучения солнечных вспышек

*Моргачев А.С.^{1,2}, Цап Ю.Т.^{1,3}, Моторина Г.Г.^{5,1},
Смирнова В.В.^{1,4}*

¹ *Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,
Санкт-Петербург, e-mail: a.s.morgachev@mail.ru*

² *ННГУ им. Н. И. Лобачевского, Нижний Новгород,
e-mail: a.s.morgachev@mail.ru*

³ *Крымская астрономическая обсерватория РАН, пгт. Научный,
e-mail: yur_srao@mail.ru*

⁴ *Университет Турку, Турку, Финляндия,
e-mail: vsvvid.smirnova@yandex.ru*

⁵ *Astronomical Institute ASCR, Ondrejov, Czech Republic,
e-mail: g.motorina@yandex.ru*

Проведен анализ миллиметрового излучения солнечной вспышки 2 апреля 2017 г. с положительным наклоном спектра между частотами 93 и 140 ГГц по данным радиотелескопа РТ-7.5 МГТУ им. Н.Э. Баумана. Для интерпретации наблюдаемой спектральной особенности выполнен расчет суб-ТГц излучения для модели вспышечной атмосферы Machado et al. (1980). Установлено, что модельный спектр имеет положительный наклон,

а излучение на частотах наблюдения РТ-7.5 формируется в тонком хромосферном слое толщиной менее 10 км, в котором температура плазмы составляет порядка 10^5 К. На основе прямого фитирования найдены параметры однородной тепловой прослойки, описывающей наблюдаемое излучение на частотах 93 и 140 ГГц. Получены указания, свидетельствующие в пользу нагрева хромосферного источника тепловыми потоками, формируемыми в вышележащих вспышечных областях.

Геомагнитная активность и межпланетное магнитное поле на разных временных шкалах

Наговицын Ю.А., Осипова А.А.

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

IDV-индекс геомагнитной активности многими исследователями используется как прокси напряженности межпланетного магнитного поля В. В работе с помощью оригинального метода кратномасштабных регрессий, основанного на вейвлет-преобразовании, первоначально получен продолжительный ряд В, начиная с 1845 г. Затем, используя этот ряд как опорный, на основе новых версий 2.0 чисел пятен и их групп с помощью того же метода реконструирован ряд напряженности межпланетного магнитного поля, начиная с 1610 г. Полученный ряд описывает 85% дисперсии исследуемой величины.

Оптический континуум в супервспышках на молодых солнцеподобных звёздах

Низамов Б.А.

*Государственный астрономический институт им.
П.К. Штернберга Московского Государственного университета им.
М.В. Ломоносова, Москва,*

*Физический факультет Московского Государственного
университета им. М.В. Ломоносова, e-mail: nizamov@physics.msu.ru*

Супервспышки на солнцеподобных звёздах, наблюдаемые на космическом телескопе *Kepler*, демонстрируют контраст в оптическом континууме порядка 0.1–1%. На сегодняшний день механизм формирования этого излучения твёрдо не установлен. Мы рассматриваем модель, в которой звёздная атмосфера облучается мягким рентгеновским излучением, возникающим во вспышечной петле, заполненной горячей плазмой. Это излучение обогревает большую площадь под петлёй. Последующее охлаждение вследствие свободно-связанного излучения отрицательного иона водорода и нейтрального водорода может давать вклад в наблюдаемый повышенный континуум. Мы решаем уравнения переноса излучения, статистического равновесия, электронейтральности и лучистого равновесия для модели атмосферы, облучаемой мягким рентгеном, вычисляем температуру и электронную плотность в атмосфере и находим интенсивность выходящего излучения. Мы обнаружили, что вспышечная петля длиной $\sim 10^{10}$ см с плотностью плазмы 10^{12} см $^{-3}$ при температуре $T = 20$ МК может обеспечить контраст в полосе пропускания *Kepler* от 0.1 до 0.8%, если облучаемая область занимает соответственно от ~ 1 and 10% видимой поверхности звезды. Необходимая мера эмиссии при этом порядка 10^{55} см $^{-3}$.

Циклические вариации основных составляющих крупномасштабного магнитного поля

*Обридко В.Н., Соколов Д.Д., Шельтинг Б.Д.,
Шибалова А.С., Лившиц И.М.*

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

Рассмотрены вариации диполя (отдельно аксиального и экваториального) и квадруполья. Показано, что эти составляющие ведут себя различно

и не являются проявлениями одного и того же процесса. Процесс смещения полюса диполя из полярной зоны в средние широты происходит довольно быстро и за это время долгота полюса меняется мало. Однако с течением времени эта область «наклонного» диполя смещается в сторону более высоких долгот, при этом средняя скорость вращения выше кэррингтоновской на 0.6%. Поведение квадрупольно-дипольной системы резко отличается от этой картины. Момент квадрупольно-дипольной системы за последние четыре цикла упал значительно меньше, чем момент диполя. В результате отношение моментов квадрупольно-дипольной системы и диполя за 4 цикла выросло более чем в 2 раза. Это резко контрастирует с вариацией числа солнечных пятен, которые за это время упали тоже примерно в два раза. Вращение квадрупольно-дипольной системы представляет собой несколько более сложную картину. В целом в среднем за 4 цикла обобщенная долгота одноименного полюса уменьшилась на 600 градусов, средняя скорость вращения была ниже кэррингтоновской на 0.28%. На это вековое замедление накладываются циклические вариации, при которых на фазе роста скорость была несколько ниже (до 0.06%), а становилась положительной на фазе спада. Мы не видим в обсуждаемый период на Солнце каких-то ярких проявлений того, что наряду с модой дипольной симметрии возбуждается и мода квадрупольной симметрии. В то же время современное поведение магнитного поля Солнца заметно отличается от того, что наблюдалось на протяжении прошлого столетия, так что не исключено, что Солнце приближается к новому Большому минимуму. В целом возникновение квадрупольных и других четных гармоник кажется более естественным связать с отклонениями солнечной гидродинамики от строгой симметрии относительно солнечного экватора.

Solar and ocean variability footprint on climate of Fennoscandia

Ogurtsov M.G.^{1,2}, Jungner H.³

¹*Ioffe PhTI, St. Petersburg, e-mail: maxim.ogurtsov@mail.ioffe.ru*

²*General Astronomical Observatory at Pulkovo, Pulkovo, St. Petersburg*

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

Eight proxy and direct indices of: (a) summer climate in Fennoscandia, (b) sea surface temperature in the North Atlantic and (c) solar activity were analyzed over the last 3-4 centuries. Solar-climatic correlations were examined over different timescales. New evidences of a link between solar activity, North Atlantic sea surface temperature and summer temperature in Northern Fennoscandia were obtained using novel and improved data records. It was

shown that this relationship is rather complex and depends on the timescale considered. Possible physical mechanisms of the revealed connections are discussed. No relationship between activity of the Sun and summer temperature in Eastern Fennoscandia were found.

Влияние электрон-электронного тормозного излучения на поток и энергетический спектр жёсткого рентгеновского излучения солнечных вспышек

*Опарин И.Д.¹, Чариков Ю.Е.², Овчинникова Е.П.²,
Шабалин А.Н.²*

¹*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, e-mail: ivandmit@gmail.com*

²*ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН, Санкт-Петербург*

Основным механизмом жёсткого рентгеновского излучения (ЖРИ) солнечных вспышек является рассеяние ускоренных электронов на ионах плазмы вспышечных петель. Однако релятивистские электроны ($E > 511$ кэВ) могут эффективно рассеиваться также и на электронах плазмы. Электрон-электронное рассеяние может оказывать влияние на спектр ЖРИ мощных солнечных вспышек в области энергий квантов от 300 кэВ. В работе проводились модельные расчёты потоков ЖРИ по релятивистским формулам [1, 2] с учётомpitch-угловой анизотропии распределения ускоренных электронов. Было показано, что учёт электрон-электронного рассеяния требуется для вспышек с малыми гелиоцентрическими углами $< 30^\circ$. Исследовался вклад электрон-электронной компоненты потока ЖРИ для вспышки 28 октября 2003 года по данным спектрометра RHESSI.

[1] E. Haug. // Zeitschrift für Naturforschung, 1975, 30 a, p. 1099–1113.

[2] E. Haug. // Sol. Phys., 1998, v. 178, p. 341–351.

**Исследование потока мюонов космических лучей
по данным МГ УРАГАН во время корональных
выбросов масс, вызванных солнечными вспышками
М и X класса в 2009–2018 годах**

Осетрова Н.В., Астапов И.И.

НИЯУ МИФИ, Москва, e-mail: NVOsetrova@mephi.ru

Корональные выбросы масс (КВМ) являются одним из ярких проявлений солнечной активности. Во время коронального выброса в межпланетное пространство извергаются потоки солнечного вещества. КВМ может сопровождаться солнечной вспышкой, в результате которой высвобождаются огромные объемы энергии, проявляющиеся, в том числе в виде гидродинамических течений плазмы. Такие явления воздействуют на межпланетное магнитное поле и магнитосферу Земли, и становятся причинами магнитных бурь. В работе рассматриваются корональные выбросы масс, источниками которых были солнечные вспышки М и X класса.

Возмущения в гелиосфере модулируют потоки первичных космических лучей (КЛ), пронизывающих магнитосферу Земли. Взаимодействуя с атомами атмосферы первичные КЛ рожают вторичные частицы, основной поток которых составляют мюоны, сохраняющие направление движения первичных частиц. Это делает возможным изучение гелиосферных процессов на поверхности Земли. Регистрация в режиме реального времени потока мюонов, осуществляется мюонным годоскопом УРАГАН [1], разработанным в Научно-образовательном центре НЕВОД (НИЯУ МИФИ). Мюонный годоскоп является координатно-трековым детектором, позволяющим исследовать поток мюонов, приходящих одновременно с различных направлений небесной полусферы [2]. В работе приводятся результаты исследования локальной анизотропии потока мюонов космических лучей, возникающей в результате возмущений в межпланетном пространстве, и зарегистрированной мюонным годоскопом с 2009 по 2018 гг.

Работа выполнена в Экспериментальном комплексе НЕВОД при поддержке РФФИ (грант 8-32-00161\18 мол а).

[1] Барбашина Н.С. и др.//ПТЭ. 2008. № 2. С. 26.

[2] Astapov I.I. et al.//Advances in Space Research. V. 5. I. 12. P. 2713.

Радиальный профиль магнитного поля солнечных пятен в рекуррентных группах

*Живанович И., Осипова А.А., Стрекалова П.В.,
Иванов В.Г.*

*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,
Санкт-Петербург, Россия, e-mail: osisasha@gmail.com*

Рекуррентные группы солнечных пятен наблюдаются в течение двух и более оборотов Солнца, и являются важным феноменом в исследовании эволюции активных областей. В работе получены радиальные профили вертикальной компоненты магнитного поля по данным космического аппарата SDO. Для получения профилей использовалось усреднение между изолиниями напряжённости магнитного поля, постепенно удаляющихся от магнитного центра пятна к границе тень-полутень. При рассмотрении профилей для одного пятна в разные моменты его эволюции (в разные появления на диске) присутствует изменение профиля напряжённости магнитного поля. Этот эффект может быть объяснен эволюцией пятна, что может быть использовано в моделях солнечных пятен, их появления, развития и исчезновения.

Ограничения на модели образования гамма-линий в излучении спокойного Солнца

Ковальцов Г.А.¹, Остряков В.М.²

¹*ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН, С.-Петербург*

²*СПбПУ Петра Великого, С.-Петербург,
e-mail: Valery.Ostryakov@mail.ioffe.ru*

В солнечных вспышках в результате ядерных взаимодействий ускоренных частиц с солнечной атмосферой генерируются различные радиоактивные изотопы, периоды полураспада которых значительно превышают характерные времена самих вспышек. В результате, гамма-линии от этих изотопов могут наблюдаться в периоды спокойного Солнца. Интенсивность такого излучения зависит от энергетического спектра частиц, их доли, направленной к поверхности Солнца, и других модельных параметров. Анализ данных с аппарата RHESSI показывает, что такие линии в спокойные солнечные периоды действительно наблюдаются. Поскольку диаграмма направленности аппаратуры довольно широкая, то их происхождение может быть связано также с аналогичным взаимодействием вспышечных частиц с земной атмосферой. В то же время наблюдаемые

интенсивности линий представляют собой верхние пределы для солнечного гамма-излучения, а, значит, дают определённые ограничения на модели образования таких гамма-линий в солнечных условиях.

Прогноз интенсивности солнечных протонных событий с энергиями протонов 10–100 МэВ по рентгеновскому излучению солнечных вспышек

Буров В.А.¹, Очелков Ю.П.¹

¹ИПГ им. Е.К. Федорова, Москва, e-mail: yur_och@mail.ru

Исследуется зависимость интенсивности СПС от рентгеновских всплесков Солнца в диапазоне длин волн 0.1 – 0.8 нм. Показано, что интенсивность СПС зависит не только от интенсивности всплесков, но и от их временного развития на фазе роста. Показано, что такой параметр всплесков как

$$P = (T_{r,1}/60 + 0.35 * (Lg(J_{x,max} * 10^5) - 2)) * 10 + 2,$$

где $J_{x,max}$ – поток рентгеновского излучения в максимуме всплеска в W/m^2 , а $T_{r,1}$ – средняя ширина рентгеновского всплеска в логарифмических координатах на фазе роста в диапазоне интенсивностей $J_{x,max}/10 - J_{x,max}$ в минутах, может служить прогностическим параметром при прогнозе факта появления СПС и его интенсивности. Приводится способ вычисления параметра $T_{r,1}$ для случаев, когда всплеск не наблюдается в указанном диапазоне из-за высокого фона или наложения других всплесков. Показано также, что распределение всплесков по параметру P является степенным с тем же показателем степени, что и распределение СПС по интенсивности в максимуме в логарифмических координатах, что означает, что логарифм интенсивности солнечных протонных событий пропорционален параметру P : $Lg(J_{x,max}) = a * P$, где a – фиксированное число. Это соотношение может быть использовано для прогноза интенсивности СПС.

Особенности тонкой структуры фотосферы при высоком угловом разрешении

Парфиненко Л.Д.¹, Ефремов В.И.¹, Соловьев А.А.¹

¹ГАО РАН, С.-Петербург, e-mail: Parfinenko@mail.ru

Обсуждаются основные мелкомасштабные элементы, наблюдаемые в солнечной фотосфере при высоком разрешении: гранулы, факелы, микропоры. В качестве отдельного элемента тонкой структуры, рассматривается непрерывная сетка темных межгранульных промежутков. Приводятся результаты обработки изображений микропор и факельных узлов, полученных на современных адаптивных телескопах. Для межгранульных промежутков и микропор определен стационарный режим магнитной диффузии, при котором сходящиеся к промежутку (и микропоре) горизонтально-вертикальные течения плазмы компенсируют диссипативное расплывание магнитного потока в заданном масштабе. Получена теоретическая оценка характерных масштабов этих структур в фотосфере: 20-30 км для толщины темных межгранульных промежутков и 200-400 км — для диаметра микропор.

DKIST: the present and the future of the largest solar telescope in the world

Pevtsov A.A.

*National Solar Observatory, Boulder, Colorado, USA,
e-mail: apevtsov@nso.edu*

Daniel K. Inouye Solar Telescope (DKIST) is a four-meter solar telescope under construction on Maui, Hawaii. Once completed, it will be the largest solar telescope in the world. The first light is expected in early 2020. In April 2019, Test and Commissioning team began conducting pointing and focusing tests with the primary and secondary mirrors using night-time observations of stars, planets, and the Moon. As the construction of DKIST solar telescope is nearing its completion, the team begun activities aimed at testing the transition from construction to operation (from submitting the observational proposals, review and selection process, performing the observations, and delivering the results to a requestor). The team is also reviewing the Critical Science Plan and soon, will start selecting observational proposals submitted by the community to make selection for the first observing cycle. I will review the instrument capabilities, critical science proposed for this instrument, and provide the current status of project.

Результаты наблюдений солнечных затмений на Гаванской радиоастрономической станции. К 50-летию основания ГРС

Богод В.М.¹, Петерова Н.Г.¹, Rodrigues R.², Sierra P.²

¹*Санкт-Петербургский Филиал Специальной Астрофизической
Обсерватории РАН, e-mail: vbog_spb@mail.ru*

²*Institute of Geophysics and Astronomy, Republic of Cuba*

Гаванская радиоастрономическая станция (ГРС) была основана в 1969 г. для ведения регулярных наблюдений по программе Службы Солнца, обеспечивая почти круглосуточный мониторинг всплесков, публикуемый в бюллетене <"Солнечные данные". Ее географическое положение оказалось настолько удачным, что кроме основной задачи были выполнены уникальные наблюдения более 10 солнечных затмений. Результаты нескольких из них можно считать в числе основополагающих, на которых до сих пор базируются наши представления о структуре и параметрах корональной плазмы над активными областями. Главное достоинство затменных наблюдений — это высокая точность координатных измерений, в настоящее время достигшая предельного (для микроволн) значения 1–2 угл.сек. Считается, что методом солнечных затмений получены наиболее достоверные сведения о положении источника циклотронного излучения над солнечным пятном и таким образом о высотном распределении коронального магнитного поля. Результаты иллюстрируются на примере затмения 30.05.1984 г. — одного из лучших в истории развития и совершенствования исследований Солнца методом затменных наблюдений.

Калибровка карт продольного магнитного поля для инструмента SMFT

*Плотников А.А.¹, Куценко А.С.¹, Yang S.², Xu H.²,
Bai X.², Zhang H.², Кузнецян К.М.³*

¹*Крымская астрофизическая обсерватория, Научный,
e-mail: plotnikov.andrey.alex@yandex.ru*

²*Key Laboratory of Solar Activity, National Astronomical Observatories
of China (Chinese Academy of Sciences), Beijing, China*

³*ИЗМИРАН, Москва*

Телескоп SMFT национальной астрофизической обсерватории китайской академии наук проводит регулярные измерения вектора магнитного поля Солнца с 1987 года [1]. Вычисление продольного магнитного поля

проводится в т.н. «приближении слабого поля» — предполагается, что отношение параметров Стокса V/I и величина продольной компоненты магнитного поля связаны линейно. Пересчет из величины V/I в магнитное поле производится умножением на коэффициент, аналитически рассчитанный в работе [2]. В действительности в сильных магнитных полях (для линии 5324 \AA используемой SMFT, около 1500 Гаусс) зависимость отклоняется от линейной. Это приводит к появлению на магнитограммах провалов в центре солнечных пятен.

В данной работе была проведена попытка компенсировать описанный эффект насыщения путем использования полинома третьей степени вместо линейной зависимости. Коэффициенты полинома находились путем кросс-калибровки с соответствующими магнитограммами HMI SDO. Для разрешения возникающей двусмысленности использовались карты интенсивности излучения — сильное магнитное поле приводит к блокированию конвекции, и, как следствие, к падению интенсивности излучения.

Продемонстрировано, что подобный алгоритм обработки компенсирует возникающий эффект насыщения, а полученные магнитограммы хорошо согласуются с данными HMI.

[1] Ai G.-X. // Publ. Beijing Astron. Obs., 1987, 9, 27.

[2] Ai G.-X. // Chin. Astron. Astrophys., 1982, 5, 129.

Линейная поляриметрия белой короны

Попов В.В., Осокин А.Р.

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

Излучение нижней короны в видимом континууме, обусловленное томсоновским рассеянием излучения фотосферы на свободных электронах, линейно поляризовано. Известно, что явление линейной поляризации является следствием нарушения симметрии в возбуждающем поле излучения. Для идеально однородной светящейся поверхности Солнца направление линейной поляризации излучения коронального континуума будет тангенциально лимбу Солнца. Поверхность реального Солнца характеризуется, как правило, пятнами, факельными полями. Поэтому в отдельных областях короны можно ожидать появление отклонений плоскости линейной поляризации от тангенциального направления (углов) в несколько градусов. 2D распределение абсолютной величины углов линейной поляризации, построенное нами для короны 2006г., выявляет отсутствие чисто

томсоновского рассеяния, наличие диффузной и структурной составляющих, мелкомасштабные и крупномасштабные структуры, соответствующие углам до 8 градусов. Отмечено, что крупномасштабные структуры с углами до 3–5 градусов могут быть обусловлены нижележащими пятнами и факельными полями.

Вариации солнечной активности и главного магнитного поля земли во втором тысячелетии

Птицына Н.Г., Демина И.М.

СПбФ ИЗМИРАН, С.-Петербург, e-mail: nataliaptitsyna@ya.ru

Изучение солнечной активности (СА) на больших временных интервалах от сотен лет до тысячелетий представляет большой интерес как для физики солнечного динамо, так и для изучения земных процессов, в частности, земного климата. Мы рассмотрели вариации СА с периодами 11-230 лет. Изучаемые ряды: 1) ежегодное число наблюдаемых полярных сияний в 1000-1700 гг.; 2) наблюдаемые невооруженным глазом на Востоке число солнечных пятен (1000-1700 гг.); 3) реконструированные ряды числа солнечных пятен *W* выведенные из наблюдений аврор с учетом влияния геомагнитного поля (1000-1700 гг.); 4) международное число солнечных пятен SN (1700-2018гг.); 5) число групп пятен GN (1610-1995 гг.); 6) ряд значений магнитного момента Земли MM, полученный по археомодели ARCH3k, в диапазоне 1000-1700 гг.

Для анализа высокочастотных составляющих вычислялись коэффициенты Фурье, для длиннопериодных составляющих использовался метод поиска скрытых периодичностей и взаимный корреляционный анализ. Из исходных данных был вычтен тренд, фактическая форма которого определялась характером временной зависимости сигнала. Во всех рядах СА проявляются спектральные составляющие с периодом около 11 лет и 22 лет. Наиболее ярко 11-летний цикл наблюдается в рядах SN, а наименее выраженной он был для рядов GN. Во время минимума Маундера (1445-1715 гг.) доминирует 22-летний цикл; 11-летний цикл раздваивается и практически вырождается.

Для всех рядов СА получены также вариации с периодом (56-120 лет), которые составляют семейство цикла Гельдсберга. Обычно источником этих вариаций считаются периодические процессы, происходящие на Солнце, связанные с солнечным динамо. Наш анализ выявил существование сильной вариации с периодом 90-115 лет для рядов полярных сияний и СА в эпоху 1000-1600 гг. Близкие периоды выявлены для значений MM. При этом наблюдается практически антикорреляция MM с

аналогичными вариациями в частоте появления полярных сияний и СА (сдвиг по фазе равен 140°). Наше знание о вариациях ММ Земли в прошлом сильно ограничено. Но современные модели главного магнитного поля Земли, построенные по новым археомагнитным данным с лучшей привязкой по времени, позволяют кроме вариаций с периодами в тысячи лет выявить и изменения с более короткими — порядка сотен лет — периодами. Взаимная корреляция реконструированной СА и ММ наиболее четко проявляется именно для периодов 116 лет и его гармоника 230 лет. По-видимому, это свидетельствует о том, что изменения ММ с периодами 116 и 230 лет вносят определенный вклад в соответствующие вариации СА, реконструированной на базе данных о полярных сияниях, частота появления которых, в свою очередь, зависит от свойств геомагнитного экрана для заряженных частиц, поступающих из гелиосферы в магнитосферу и атмосферу Земли.

Новая реконструкция солнечной активности в 1000–1700 годах

Птицына Н.Г., Демина И.М.

СПбФ ИЗМИРАН, С.-Петербург, e-mail: nataliaptitsyna@ya.ru

Получена реконструкция солнечной активности (число солнечных пятен SN) в до-телескопическую эпоху в период 1000-1610 гг. на основе данных наблюдений полярных сияний. Число полярных сияний может служить мерой численных характеристик солнечной активности, так как для авроральных событий, регистрируемых на средних и низких широтах, наблюдается положительная корреляция числа полярных сияний с числом солнечных пятен. На проникновение в магнитосферу и атмосферу Земли заряженных частиц солнечного ветра, которые вызывают полярные сияния, влияет напряженность и конфигурация главного магнитного поля Земли (ГМПЗ), в первую очередь, величина и направление магнитного момента его дипольной составляющей. Наша реконструкция отличается от работ других авторов тем, что мы учли влияние вариаций магнитного момента на частоту появления полярных сияний. Временной ход реконструированного SN показывает известные ранее минимумы Оорта, Вольфа, Шперера и Маундера. В 1100-1150 гг. (средневековый максимум) значения SN=200-280 сравнимы с теми, которые наблюдались во второй половине 20 в. во время современного эпизода высокой солнечной активности. Новая независимая реконструкция СА, основанная на числе появления полярных сияний, подтверждает, а во многих случаях дополняет заключения, сделанные из анализа исторических наблюдений солнечных пятен, а также данных о космогенных изотопах.

Hidden Factors and Inner Unpredictability of Stellar and Solar Activity

Pustilnik L.A.

Tel Aviv University

Phenomena of the stellar and solar activity base on the two fundamental processes: 1) Dynamo process of the generation of the magnetic field in the star & Sun) by combination differential rotation, gyrotropic turbulence, magnetic buoyancy and Coriolis rotation of magnetic loops. 2) Abnormal magnetic field dissipation in the stellar (solar) atmosphere in reconnected turbulent current sheets. The first process is responsible for activity on the long time scale: stellar (solar) cycles (11-year in mean for the Sun) and activity of magnetic spots type (days-weeks for the sunspots). The second processes is responsible for flare energy release, dissipated partly magnetic energy penetrated from below to regions above photosphere and has time scale about minutes-hours. Another part of magnetic energy dissipates from atmosphere in form of coronal heating and mass ejection (wind and Coronal Mass Ejections).

In spite of progress of last ten years in deep understanding of physical mechanisms both of dynamo and dissipation process and giant achievements in technology of solar and stellar observations caused by abilities of the space observatories (provided progress in space and time resolutions up to small part of arc-seconds and up to milliseconds in time resolution we are not able to present cause-sequence scheme able to form stable forecast of solar activity (both on years and on hours) with high confidence level.

We discuss possible reasons of our disability to produce reliable forecast and present few factors destroyed all methods: 1. Existence of several hidden factors what cannot be take into account today, but are very essential for activity process 2. Existence of elements of unstable and unpredicted evolution like to "strange attractor" in causal-sequence chain. 3. Existence of critical state (bifurcations) in evolution track with extreme sensitivity to small change of the control parameters near threshold situation like to phase transition or catastrophic rebuilding.

Солнечная модуляция антипротонов в 23/24 циклах солнечной активности

*Роденко С.А., Майоров А.Г. от имени коллаборации
PAMELA*

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

Измерение галактической компоненты антипротонов в космическом излучении представляет интерес для изучения механизмов генерации и распространения частиц и античастиц в Галактике, для поиска новых источников античастиц и исследования их свойств. Согласно результатам эксперимента, PAMELA [1], которые были получены при обработке данных до 2009 года включительно, в космических лучах наблюдается не только избыток позитронов в сравнении со стандартной моделью космических лучей, но и превышение доли антипротонов над ожидаемым значением [2] (позднее результаты подтверждены в эксперименте AMS-02). Эффект может быть связан со свойствами частиц тёмной материи — возможностью аннигилировать или распадаться, образуя антипротоны в конечном состоянии. Долговременные измерения потока антипротонов также позволяют изучать проникновение космических лучей в гелиосферу, исследовать т.н. зарядовую зависимость солнечной модуляции, а также развивать теоретические модели, объясняющие барионную асимметрию Вселенной, отсутствие антивещества в гало галактики и т.п.

В работе приводятся результаты измерения потока антипротонов в галактических космических лучах по данным космофизического эксперимента PAMELA, полученные при обработке научной информации за период с июня 2006 года по январь 2016 года.

[1] Picozza P. et al. PAMELA // *Astropart. J.*, 2007, v. 27, p. 296.

[2] Адриани О. и др. // *Письма в ЖЭТФ*, 2012, т. 96, с. 693.

Формирование предвспышечного сигнала в условиях солнечной хромосферы

*Романов Д.В.¹, Романов К.В.¹, Романов В.А.²,
Еселевич В.Г.³, Еселевич М.В.³*

¹*Красноярский государственный педагогический университет,
Красноярск, e-mail: kvromanov@mail.ru*

²*Саратовский государственный университет, Саратов,
e-mail: valeriy.a.romanov@yandex.ru*

³*Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск,
e-mail: esel@iszf.irk.ru*

В работе исследуется развитие неустойчивости Паркера в коротковолновой части спектра колебаний всплывающих крупномасштабных магнитных полей (волновое число $m \geq 20$) в верхних слоях конвективной зоны Солнца. Наиболее благоприятные условия развития неустойчивости Паркера реализуются в верхней части всплывающей арочной магнитной структуры. Несмотря на небольшую глубину развития неустойчивости Паркера ($\simeq 50000$ км от фотосферного уровня) по сравнению с длиной волны колебаний ($\lambda \simeq 200000$ км) из-за резкой нелинейности подъема верхней части магнитной арки в пределах хромосферы успевает сформироваться заостренный иглообразный магнитный профиль, с гиперзвуковой скоростью пронизывающий солнечную хромосферу. Предельные ускорения подъема магнитного поля достигаются в верхних слоях хромосферы Солнца (значения на два порядка превышают ускорение свободного падения на Солнце). Из-за эффекта аномального прогрева солнечной атмосферы выше хромосферного уровня ускорение меняет знак, и начинается торможение всплывающего магнитного потока. В результате хромосфера испытывает резкий вертикальный удар, сконцентрированный на малой площади, генерирующий пучок круговых расходящихся ударных волн высокой амплитуды, доступный регистрации наблюдательными средствами.

**Исследование переменности радиоисточника ЗС 144
(Телец А) на частотах 1.6, 5, 6.1 ГГц при прохождении
через сверхкорону Солнца**

***Сухарев А.Л.¹, Рябов М.И.², Событняк Л.И.¹,
Безруков В.В.¹, Орбиданс А.А.¹, Блеидерс М.Ю.¹,
Панишко С.К.²***

¹*Вентспилский международный радиоастрономический центр
(VIRAC), Вентспилс, Латвия*

²*Радиоастрономический институт НАН Украины, Харьков,
Украина, e-mail: ryabov-uran@ukr.net*

Галактический радиоисточник ЗС 144, ассоциированный с Крабовидной туманностью, является одним из наиболее важных объектов для изучения структуры солнечного ветра. Располагаясь в плоскости эклиптики и приближаясь на минимальное расстояние к Солнцу каждый год 15 июня, ЗС 144 просвечивает солнечную сверхкорону, что наблюдается обычно на метровых и декаметровых длинах волн в виде мерцаний радиоизлучения на неоднородностях солнечного ветра.

Приведены предварительные результаты исследования переменности ЗС 144 на частотах 1.6, 5, 6.1 ГГц на 32-м радиотелескопе Вентспилского Международного Радиоастрономического центра в Латвии. Показана возможная взаимосвязь между активными событиями на Солнце, которые вызывают возмущения в солнечном ветре, и наблюдаемой переменности плотности потока радиоизлучения. Характерное время переменности, наблюдаемой на 1.6 ГГц, составляет величину от нескольких часов до 20 минут.

С использованием спутниковых данных с каталога NASA OmniWeb с часовым усреднением были проанализированы быстрые вариации параметров солнечного ветра: плотность протонов, давление плазмы, скорость ветра, температура плазмы. Методом непрерывного вейвлет-анализа показано, что квазипериодические вариации плотности потока ЗС 144, в полосе от 10 до 3 часов близки к соответствующим квазипериодам в вариациях параметров солнечного ветра.

Дополнительно исследованы вариации плотности потока излучения ЗС 144 по данным фазированной антенной решётки УРАН-4 (декаметровый диапазон, частота 25 МГц), связанные с ионосферным откликом на активные события на Солнце. При этом переменность на частотах 5 и 6.1 ГГц может содержать значимый вклад собственной быстрой переменности радиоисточника ЗС 144.

О свойствах переменности солнечной постоянной как индекса солнечной активности

Рябов М.И.¹, Сухарев А.Л.², Собишняк Л.И.¹

¹ *Одесская обсерватория «УРАН-4» Радиоастрономического
института НАНУ,*

² *Вентспилский Международный Радиоастрономический Центр*

Изменения солнечной постоянной являются основным фактором в системе солнечно-земных связей. По уровню излучаемой энергии ее изменения превосходят все остальные индексы космической погоды. Получение данных спутниковых наблюдений с точностью достигающее 0.01% и лишенных влияния атмосферы позволяет провести детальный анализ вариаций этого индекса солнечной активности и космической погоды за 21-24 циклы солнечной активности. Применение вейвлет анализа демонстрируют свойства «11-летнего цикла» в изменении солнечной постоянной и наличие различных периодов его модуляции. При исключении вариаций «11-летнего цикла» удастся исследовать короткопериодические процессы в каждом солнечном цикле. При этом обращает на себя внимание наличие трендовой составляющей, короткопериодических вариаций, эпизодических минимумов и максимумов величины солнечной постоянной.

Проведено детальное рассмотрение всех этих процессов в отдельности. Периоды вариаций солнечной постоянной в интервале от 0.5 года и до 3 лет проявляются от цикла к циклу с различной степенью модуляции. Эпизодические минимумы связаны с прохождением по диску Солнца больших групп пятен — комплексов активности. Отмечается эффект направленности их влияния — максимальное изменение наблюдается при нахождении групп пятен в центре солнечного диска. Рассматриваются возможные физические причины эпизодических максимумов величины солнечной постоянной, изменений трендовой составляющей и кратковременных периодов.

Критические пространственно-временные масштабы акустико-гравитационных возмущений неоднородной хромосферы

Савина О.Н.¹, Беспалов П.А.², Ашина П.Н.¹

¹*Национальный исследовательский университет — Высшая школа экономики, Нижний Новгород (onsavina@mail.ru)*

²*Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород (pbespalov@mail.ru)*

Рассматриваются характеристики собственных акустико-гравитационных колебаний в сильно неоднородной хромосфере. Исследуется влияние градиента температуры на предельную частоту акустических колебаний атмосферы. Показано, что из-за наблюдаемого в солнечной хромосфере минимума атмосферной температуры появляется возможность прохождения акустико-гравитационных волн на частотах ниже предельной акустической частоты, рассчитанной для модели изотермической атмосферы. Получен общий вид характеристического уравнения для двухслойной модели температурного профиля атмосферы. Проанализированы свойства крупномасштабных возмущений, вертикальный пространственный масштаб которых существенно больше, чем масштаб температурной неоднородности. В рамках указанной модели изучено влияние нижней границы хромосферы на возможные пространственно-временные масштабы поверхностных волн, прижатых к переходному слою. Выяснена частотная зависимость масштаба вертикальной локализации поверхностных возмущений. Отмечено хорошее соответствие результатов расчетов с известными данными наблюдений.

Работа поддержана Программой фундаментальных исследований № 19-270.

- [1] Беспалов П.А., Савина О.Н. Волновые возмущения вблизи скачка температуры в переходной области солнечной атмосферы. // Письма в астрономический журнал, 2006, т. 32, № 6, с. 460-465. doi: 10.1134/S1063773706060053
- [2] Savina O.N., Bespalov P.A. Large-scale perturbations near solar atmosphere transition region. // Central European Astrophysical Bulletin, 2013, v. 37, p. 507-512.

Временные и энергетические спектры мягкого рентгеновского излучения солнечной активной области NOAA 1024, зарегистрированного прибором «ПИНГВИН-М» в период глубокого минимума солнечной активности в июле 2009 года

*Савченко М.И., Ватагин П.В., Дмитриев П.Б.,
Огурцов М.Г., Круглов Е.М., Лазутков В.П.,
Скородумов Д.В., Шишов И.И.*

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

В работе представлены результаты обработки данных мягкого рентгеновского излучения Солнца, полученные прибором «ПИНГВИН-М» на борту автоматической управляемой орбитальной станции «КОРОНАС-ФОТОН» в июле 2009 года. Высокая чувствительность прибора в сочетании с эффективной компенсацией магнитосферного фона на большей части орбиты дала возможность подробного изучения эволюции рентгеновского излучения активной области и ее рентгеновских вспышек: от микровспышек до вспышек класса С. Анализируемые данные относятся к периоду глубокого минимума солнечной активности, когда на солнечном диске присутствовала только одна активная область, излучающая в мягком рентгеновском диапазоне. Это позволило с помощью прибора, регистрирующего излучение от всего диска Солнца, исследовать характеристики мягкого рентгеновского излучения этой области без дополнительного фона, что существенно повышает достоверность оценки значений параметров временных и энергетических спектров рентгеновского излучения, полученных при обработке экспериментальных данных.

Наблюдение и моделирование динамических свойств корональных полярных дыр по данным SDO

*Смирнова В.В.¹, Королькова О.А.¹, Соловьев А.А.¹,
Живанович И.¹*

¹*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,
Санкт-Петербург, e-mail: vsvvid.sm@gmail.com*

По данным наблюдений Солнца на космической обсерватории SDO выявлен новый ротационный эффект во временных вариациях изменения площадей корональных дыр, с периодом 14 дней. Исследованы физические параметры корональных дыр по данным ресурса <https://observethesun.com> с 2010 по 2018 гг. Предложена теоретическая модель, описывающая обнаруженный ротационный эффект [1].

[1] Korolkova O.A., Solov'ev A.A. // Ge&A, 2018, v. 58, iss. 7, p. 953.

**Сравнительные характеристики
вспышечных событий М-класса по наблюдениям
на радиотелескопе РТ-7,5 МГТУ**

*Смирнова В.В.¹, Цап Ю.Т.^{1,2}, Моргачев А.С.^{1,3},
Моторина Г.Г.^{1,4}, Рыжов В.С.⁵, Нагнибеда В.Г.⁶*

¹ Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,
Санкт-Петербург, e-mail: vsvvid.sm@gmail.com

² Крымская астрофизическая обсерватория РАН, пгт. Научный,
e-mail: yur_scao@mail.ru

³ ННГУ им. Н. И. Лобачевского, Нижний Новгород,
e-mail: a.s.morgachev@mail.ru

⁴ Astronomical Institute ASCR, Ondrejov, Czech Republic,
e-mail: g.motorina@yandex.ru

⁵ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, e-mail: v_ryzhov@mail.ru

⁶ Санкт-Петербургский государственный университет,
Санкт-Петербург, e-mail: vnag@vn1014.spb.edu

Представлены результаты сравнительного анализа наблюдений вспышечных событий GOES класса М, полученных на радиотелескопе РТ-7,5 МГТУ им. Н.Э. Баумана, на частотах 93 и 140 ГГц [1]. Для трех вспышек был выявлен положительный наклон спектра плотности потока суб-ТГц излучения, описаны основные наблюдательные характеристики событий с привлечением данных в рентгеновском, ультрафиолетовом и микроволновом диапазонах.

[1] Smirnova V.V., Nagnibeda V.G., Ryzhov V.S., Zhil'tsov A.V., Solov'ev A.A. // Ge&A, 2013, v. 53, p. 997.

Мелкомасштабное динамо в спектральном представлении и нелинейная стабилизация солнечного динамо

Соколов Д.Д.^{1,2}, Юшков Е.В.¹, Фрик П.Г.³, Лукин А.С.⁴

¹ МГУ, Москва, e-mail: sokoloff.dd@gmail.com

² Измиран, Москва

³ Институт механики сплошных сред, Пермь

⁴ Высшая школа экономики, Москва

Нелинейное подавление солнечного динамо часто связывается с тем, что при работе динамо среднего поля в зеркально асимметричной конвекции происходит перераспределение магнитной спиральности между крупными и мелкими масштабами, причем магнитная спиральность, накапливающаяся в мелких масштабах, подавляет альфа-эффект. Этот сценарий молчаливо предполагает, что на Солнце либо вообще не работает мелкомасштабное динамо, а если оно и работает, то его работа не вносит вклада в перераспределение магнитной спиральности. Однако по мере более детального изучения мелкомасштабного динамо все больше выясняется ограниченность этого представления. Выясняется, что в ходе работы мелкомасштабного динамо также, но в гораздо более мелких масштабах, чем для основного динамо, происходит перераспределение магнитной спиральности. В докладе представлены новые данные по этому еще недостаточно разработанному вопросу.

Моделирование солнечных факелов

Соловьев А.А., Киричек Е.А.

ГАО РАН

Рассматриваются несколько теоретических 3D-моделей факельных магнитных узлов с различной структурой образующего их магнитного поля. Рассчитываются термодинамические параметры плазмы факела (давление, плотность, температура) на различных уровнях солнечной атмосферы.

Модели позволяют описывать тонкую волокнистую структуру факелов за счет мелкомасштабных азимутальных (угловых) вариаций магнитного поля. Факелы, как магнитные конфигурации, погружены в гидростатическую внешнюю среду, которая задается известной моделью солнечной атмосферы Авретта-Лоезера (2008).

Показано, что, варьируя геометрические параметры магнитного поля, можно рассмотреть широкий набор трехмерных моделей факельных узлов, хорошо соответствующих современным наблюдательным данным высокого разрешения.

Терагерцевое излучение Солнца. Достижения и новые вызовы

Степанов А.В.

ГАО РАН

ФТИ им. А.Ф.Иоффе

Представлены достижения в исследовании терагерцевого излучения Солнца. Изложены тепловые и нетепловые механизмы излучения. Дано объяснение положительного наклона спектра солнечных вспышек в области ТГц частот и особенностей пульсаций суб-ТГц излучения. Показано, что новые вызовы в теории терагерцевого излучения Солнца связаны с наблюдениями Солнца на частотах 3, 7 и 30 ТГц.

Тестовые режимы слежения РАТАН-600 для наблюдения быстропеременных процессов на Солнце

*Стороженко А.А.¹, Лебедев М.К.¹, Овчинникова Н.Е.¹,
Хайжин В.Б.¹*

¹СПбФ САО РАН, Санкт-Петербург, e-mail: acs-work@mail.ru

Солнечный комплекс радиотелескопа РАТАН-600 работает в непрерывном спектральном диапазоне от 3 до 18 ГГц со спектральным разрешением порядка 1% и обеспечивает точное измерение поляризации. Большая эффективная площадь отражающей поверхности (400–1000 м² в зависимости от длины волны) обуславливает высокую чувствительность по потоку радиоизлучения. Наблюдения ведутся на протяжении 4 часов в течение суток с высокой регулярностью (до 80% дней наблюдений в году). Радиотелескоп работает в режиме пассажного инструмента. Ежедневно проводится пять наблюдений Солнца в азимутах от +24° до –24° через 12°. Применение принципов режима слежения посредством движения облучателя и каретки позволяет значительно увеличить время непрерывного наблюдения за процессами на Солнце, увеличить количество периодических наблюдений Солнца, в азимутах от +30° до –30°, до значений шага наблюдений 2° [1].

Целью настоящей работы является отладка режимов сопровождения и быстрого сканирования, которые позволят получить новую информацию о динамике процессов в атмосфере Солнца с использованием всех преимуществ инструмента. Для достижения этих целей рассмотрены вопросы: оптимизации режима наблюдений с сокращенной апертурой, для

увеличения времени наблюдения при одной установке антенны РАТАН-600, модернизации подсистемы движения облучателя РАТАН-600, для реализации режима точного медленного движения облучателя РАТАН-600.

Получены предварительные результаты сопровождения Солнца, сопровождения со сканированием активной области, режима наблюдений с сокращенным шагом установок.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 18-29-21016.

- [1] В. Б. Хайкин, М. К. Лебедев, Н. Н. Бурсов, А. А. Стороженко, Н. Е. Овчинникова, В. М. Богод // Труды ИПА РАН, вып. 47, 53–57 (2018)

Моделирование колебаний факельных образований на Солнце

Стрекалова П.В.¹, Соловьев А.А.¹, Смирнова В.В.¹,
Наговицын Ю.А.^{1,2}

¹ ГАО РАН, e-mail: *auriga-lynx@yandex.ru*

² Санкт-Петербургский Государственный Университет
Аэрокосмического Приборостроения

Исследованы долгопериодические колебания магнитного поля факельных образований — уединённых мелкомасштабных структур на солнечной фотосфере. Периоды таких колебаний составили от 30 до 260 минут. Показано, что долгопериодические колебания магнитного поля факельных образований имеют специфический характер: амплитуда и период их колебаний изменяются синхронно и в одинаковом направлении за время, сравнимое со временем жизни факельного образования. Предложены несколько возможных аналитических моделей для описанных колебаний. Рассчитаны периоды колебаний магнитного поля в предположении о том, что факельное образование моделируется вертикальной магнитной силовой трубкой, регулярное магнитное поле которой снизу ограничено уровнем, на котором магнитное давление сравнивается с динамическим давлением турбулентных пульсаций фотосферной конвекции. Такие расчётные периоды составили от полутора до трёх часов, что укладывается в наблюдаемый диапазон периодов.

Два типа длительных вспышек – солнечные протоны и релятивистские электроны

Струминский А.Б.¹, Садовский А.М.¹, Логачев Ю.И.²,
Григорьева И.Ю.³

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

² НИИЯФ МГУ, Москва

³ ГАО РАН, С.-Петербург

Длительные солнечные вспышки 21 апреля 2002 г. (X1.5) и 24 августа 2002 г. (X3.1) сыграли важную роль в формировании современной парадигмы ускорения солнечных энергичных частиц. Различие в наблюдаемом ионном составе, согласно [1], обуславливается ускорением на квази-параллельной ударной волне в первом событии и на квази-перпендикулярной ударной волне во втором событии.

Мы рассматриваем эти же вспышки вместе с последовавшими событиями в межпланетной среде в контексте сценария длительного стохастического ускорения. Заметим, что в первой вспышке максимальная интенсивность всплесков радиоизлучения на 15.4 ГГц была на порядок меньше, чем во второй, т.е. в ней не было мощных актов ускорения электронов. В межпланетной среде после нее наблюдалось только возрастание интенсивности релятивистских электронов и протонов с подобными временными профилями. Напротив, после второй вспышки в межпланетной среде сначала наблюдалось возрастание интенсивности релятивистских электронов, а затем одновременное возрастание релятивистских электронов и протонов с подобными временными профилями.

По нашему мнению, это является свидетельством того, что ионы ускорялись во вспышках, и различались именно свойства вспышек, а не ударных волн. Мощные акты ускорения во второй вспышке, вызвавшие интенсивное хромосферное испарение, обеспечили, по всей видимости, хромосферный, а не корональный состав ускоренных ионов в межпланетной среде.

- [1] Tytka A., Cohen C., Dietrich W., et al., A Comparative Study of Ion Characteristics in the Large Gradual Solar Energetic Particle Events of 2002 April 21 and 2002 August 24 // *Astrophys. J. Supp.*, 2006, v. 164, p. 536.

Radio Precursors of Solar Flares

Baolin Tan

*Key Laboratory of Solar Activity, National Astronomical Observatories
of Chinese Academy of Sciences, e-mail: bltan@nao.cas.cn*

At first, I would like to present a brief introduction of the solar physics researches at the National Astronomical Observatories of Chinese Academy of Sciences, especially with MUSER on solar radio astronomy. As we know, solar flares are the most violent explosions in the solar system, which may release huge amount of energy, accelerate great number of energetic non-thermal particles, and eject hot plasma flows, produce strong disturbance in the interplanetary space and greatly impact on the terrestrial environment. It is one of the main key problems in solar physics to understand the origin of solar flares and to predict their occurrence and evolutions. The main features of solar flares include the variations of magnetic field in the source regions, radiation of energetic non-thermal particles and the motions of hot plasmas. These features have much more sensitive response in decimeter and centimeter wavelength of radio observations than in other wavelengths. Therefore, I plan to report the primary results of radio precursors of solar flares by analyzing the observation data of the Chinese Solar Broadband Radio Spectrometer (SBRS/Huairou) and Nobeyama Radio Spectrometers (NoRP). We also discuss the possibilities to analyze the observation data from the new Chinese Mingantu Spectral Radioheliograph (MUSER) and other instruments to reveal the most basic radio precursors and study their physical mechanisms. Such results may help us to predict the occurrence of solar flares and disastrous space weather events.

Observations of MUSER and SBRS

Chengming Tan

*Key Laboratory of Solar Activity, National Astronomical Observatories
of Chinese Academy of Sciences*

In my report. I will talk about two main contents.

1) First is solar observation in China, especially the Observations of MUSER and SBRS. We found hundreds of burst events using the software which scans the data of MUSER and SBRS automatically.

2) We found that the radio bursts occurred not only during the main solar flare, but also during small flares, mini-flares, or even without obvious flares and sunspots during solar minimum. Some radio fine structures occurred without obvious flares or sunspots, but still with weak EUV brightenings or ejecta,

or with a HXR micro-flare. Some radio fine structure events are drifting up and down globally, the individual type III burst drift in the same trend as that drifting globally. We proposed that the weak solar radio bursts observed by telescopes with high sensitivity and low interference will help us to understand the basic physical characteristics of small scale solar eruptions (micro-flares or nano-flares).

К вопросу о существовании сверхсильных магнитных полей во вспышках

*Барановский Э.А.¹, Лозицкий В.Г.², Лозицкая Н.,
Таращук В.П.¹*

¹*Крымская астрофизическая обсерватория РАН, Научный, Крым*

²*Астрономическая обсерватория КНУ, Киев*

Физические свойства солнечных вспышек определяются из наблюдений спектров после теоретического моделирования. Сравнивались рассчитанные и наблюдаемые контуры спектральных линий. Получено, что вещество в области вспышки имеет сложную слоистую структуру с различными физическими параметрами.

На примере вспышки 28 октября 2003 г. класса X17.2 4В исследовались спектральные линии с разными факторами Ланде для анализа магнитных полей. По разному ведут себя линии с разной величиной фактора Ланде.

Так, по линии железа 5250\AA с большим фактором Ланде магнитное поле имеет величину 3000 Гс. Из трех линий с факторами Ланде -0.0014 линия 5434\AA имела в центре эмиссию и расщепление, соответствующее величине магнитного поля 40-50 кГс.

Линии 5576 и 5123\AA с факторами Ланде как у предыдущей линии не имеют расщепления, и область их образования расположена в более глубоких слоях.

Получено, что в слоистых структурах могут существовать не только большие температуры T , но и килогауссовые магнитные поля H . По-видимому такие H существуют не долго, в этом сложность их обнаружения. Проведенное изучение особенностей магнитного поля относится к сейсмическому источнику, где произошла эта мощнейшая вспышка

Полярные и низкоширотные факелы в 23–24 циклах активности

Тлатов А.Г.^{1,2}, Тлатова К.А.¹

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

² КалмГУ, Элиста

По данным наблюдений космических обсерваторий MDI (1996-2011) и SOHO (2010-2019) выделены полярные и низкоширотные факелы в «белом» на ежедневных изображениях. Границы факелов были совмещены с наблюдениями магнитных полей на максимально близкий момент наблюдений. Выполнен анализ распределений по времени, широте и других свойств полярных и низкоширотных факелов. Полученные данные полярных факелов были дополнены данными наблюдений обсерватории Митака (Япония) за период 1951-1999 гг. Показано, что амплитуда полярной активности в минимуме 25-го цикла примерно соответствует амплитуде в 24-м цикле активности.

Создание рядов свойств отдельных солнечных пятен по данным обработки исторических архивов

Тлатов А.Г.^{1,2}, Васильева В.В.¹, Сапешко В.И.¹,
Скорбеев Н.Н.¹, Тлатова К.А.¹, Илларионов Е.А.³

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

² КалмГУ, Элиста

³ МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, e-mail: egor.mypost@gmail.com

В работе выполнен сравнительный анализ размеров пятен в солнечных группах за период 1905-2018 гг. Для анализа мы использовали базы данных характеристик отдельных солнечных пятен и пор по данным синоптических наблюдений на Кисловодской Горной астрономической станции 1954-2019 гг., а также обработку исторических данных наблюдений фотогелиографов обсерваторий Маунт Вилсон (США) 1905-1918, Гринвичской обсерватории 1917-1972. Для обработки наблюдений, представленных на фотошленке был разработан специальный программный комплекс. Мы нашли существенное различие в свойствах пятен и пор разных типов в группе. Найдено существенное различие в характере распределения площади для пятна, являющегося наибольшим в группе S_{max} и других пятен

$S_{nomaх}$. В распределении площади наибольшего пятна в группе S_{max} существует два локальных максимума $S_{spt}^1 \sim 8 - 10$ мдп и $S_{spt}^2 \sim 130 - 180$ мдп. Первая вершина связана с существованием пор и переходных пятен, в которых полутень находится на стадии формирования. Второй максимум в распределении S_{max}^2 связан с существованием регулярных пятен. Для остальных пятен в группе $S_{nomaх}$, функция распределения площади монотонно уменьшается с ростом площади.

Темные точки, наблюдаемые на фотосфере Солнца, и подсчет индекса солнечных пятен

Тлатов А.Г.^{1,2}, Илларионов Е.А.³, Тлатова К.А.¹

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

² КалмГУ, Элиста

³ МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва

На современных спутниковых наблюдениях Солнца в «континууме» с высоким пространственным разрешением, а также на наблюдениях на высокогорных обсерваториях высокого качества, видно, что на фотосфере Солнца присутствует большое число темных областей малого размера. Эти области не имеют полутени, имеют контраст 2 – 20% и похожи на солнечные поры. Характерная площадь таких структур составляет 0.3 – 5 мдп или диаметр 0.5 – 5 Мм. Число таких точек может составлять несколько сотен на одном изображении. Природа таких образований остается не понятной. Мы выполнили выделение темных объектов с контрастом не менее 2% от уровня спокойного Солнца на данных наблюдений HMI/SDO в континууме за период 05.2010-05.2019. Были изучены свойства «темных точек», такие как распределение по времени, широте, площади и др. Мы также сопоставили такие структуры с интенсивностью магнитного поля. Показано, что число темных точек площадью менее $S < 5$ мдп, в которых магнитное поле не существенно и составляет менее $|B| < 30$ G, составляет от 60 до 80% от общего числа структур такого размера. Это значит, что они не связаны с магнитной активностью. Существование таких структур может существенно влиять на подсчеты индекса солнечных пятен, поскольку такие структуры могут ошибочно приниматься за поры.

Биполи, нарушающие законы Джоя и Хейла, в 15-24-х циклах активности

Тлатова К.А.¹, Тлатов А.Г.^{1,2}

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

² КалмГУ, Элиста

Используя данные оцифровки магнитных полей солнечных пятен за период 1917-2018 гг. были выделены биполи активных областей. Мы выполнили анализ углов наклонов биполей в 15-24-х циклов активности. Особое внимание было уделено биполям нарушающим закон Джоя (ajoy), а именно биполям хвостовые части, которых отклонены к экватору, а не к полюсам. А также биполи, нарушающие закон Хейла о ведущей и хвостовой полярности (ahale). Относительное количество биполей, имеющих полярность "ajoy" для разных циклов меняется слабо и составляет $\sim 30\%$. Относительное число биполей "ahale" меняется от цикла к циклу $\sim 12 - 20\%$ от общего числа. Между амплитудой цикла активности и процентом биполей "ahale" существует существенная корреляция. Мы проверили, вызвана ли эта связь переналожением циклов активности на низких и высоких широтах. Для этого подсчитали относительное число биполей во временном интервале от момента максимума $T_{max} \pm 2$ года. Результат не изменился, и коэффициент корреляции остался высоким $R \sim 0.81$. Мы также выполнили анализ углов наклона биполей в зависимости от их размера. Было подтверждено, что группы пятен площадью $S \sim 100 - 200$ мдп наиболее хорошо соответствуют закону Джоя. Для групп малой площади $S < 10$ мдп и большой площади $S > 1000$ мдп, углы уменьшаются.

Ответ глобальной электрической цепи на солнечные протонные события по наземным измерениям — модельная оценка роли заряда частиц

Тонев П.Т.

*Институт космических исследований и технологий, Болгарская
академия наук*

Наблюдается реакция глобальной атмосферной электрической цепи (ГАЭЦ) во время мажорных солнечных протонных событий (СПС) из экспериментально измеренных вариаций потенциальной разницы (ПР) E_z на земной поверхности на высоких (Апатиты, Россия: 67.3N, 33.2E) и низких (CASLEO, Аргентина: 31.8S, 69.3W) широтах. ПР E_z на высоких широтах

показывает большие вариации ($|E_z|$ достигает ~ 1 kV/m) и может приобрести направленность вверх на время не менее десятка минут. Такое поведение E_z не укладывается в теории ГАЭЦ и его нельзя объяснить в терминах эквивалентной электрической цепи как результат повышения проводимости в высокоширотной средней атмосфере во время СПС. На низких широтах также наблюдаются значительные вариации E_z : более десяти процентов. Выявляется типичная взаимная зависимость между вариациями E_z на обоих широтах: на первом этапе СПС E_z превышает свою номинальную величину на высоких широтах и меньше ее на низких широтах; во втором этапе СПС имеют место обратные соотношения. В данной работе поступающие в атмосферу во время СПС заряженные частицы рассматриваются в качестве носителей электрических зарядов и, следовательно, фактора генерации электрических полей и токов в ГАЭЦ. Для выяснения влияния этого фактора разработана двумерная численная модель на базе уравнения непрерывности плотности полного тока. Первые результаты моделирования показывают, что указанный фактор может иметь важную роль в реакцию ГАЭЦ на СПС.

Измерение угла наклона оси магнитного поля солнечных пятен (метод и результаты)

Топчило Н.А.¹, Петерова Н.Г.²

¹СПбГУ, С.-Петербург, Россия, e-mail: topchilona@yandex.ru

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

На прошлогодней конференции «Солнечная и солнечно-земная физика – 2018» нами был предложен новый метод измерения наклона оси магнитного поля (МП) солнечного пятна, основанный на отличительной особенности циклотронного механизма излучения — сильном подавлении излучения вдоль направления МП. Метод заключается в анализе особенностей динамики изображения источника микроволнового излучения над пятном в зависимости от угла зрения при изменении гелиографической долготы пятна. Проверка метода для «идеального случая» на примере правильного стабильного головного пятна активной области NOAA 11899, проходившего практически через центр диска Солнца, показала применимость метода к наблюдениям на радиогелиографе Нобеема на волне 1.76 см с точностью лучше $\sim 1^\circ$.

В данном докладе представлены результаты тестирования метода для различных характерных «неидеальных условий»: пятен неправильной формы, высокоширотных пятен, пятен с заметной временной динамикой

(всего обработано около 10 активных областей). Рассмотрены также вопросы специфики применения предложенного метода к наблюдениям на радиотелескопе РАТАН-600.

В результате показано, как простыми методами, не требующими сложных математических расчетов, предложенная методика позволяет достаточно точно оценить величину наклона МП, а путем комбинирования данных разных инструментов определить и топологию МП.

Радиорадиус Солнца в мм диапазоне и современные модели хромосферы

*Топчило Н.А.¹, Нагнибеда В.Г.¹, Лукичева М.А.^{1,2},
Рыжов В.С.³*

¹СПбГУ, С.-Петербург, Россия, e-mail: topchilona@yandex.ru

²СПбФ САО РАН, С.-Петербург, Россия,

³МГТУ им.Баумана, Москва, Россия

Радиорадиус, характеризующий высотную протяженность эффективно излучающих в рассматриваемом диапазоне слоев атмосферы Солнца, является важным и удобным наблюдательным параметром, связанным со структурой атмосферы. Многочисленные измерения радиорадиуса, выполненные в течение нескольких десятилетий на различных длинах волн, различными методами, предоставляют широкие возможности для тестирования моделей солнечной атмосферы. В настоящее время особый интерес вызывает миллиметровый диапазон длин волн, излучение в котором полностью определяется хромосферой — наименее изученной областью солнечной атмосферы. С одной стороны, такой интерес вызван тем, что появились новые инструменты с существенно лучшим угловым, временным и частотным разрешением. С другой стороны, активно разрабатываются более полные, реалистичные модели хромосферы, учитывающие ее сильно неоднородную пространственную структуру и динамику.

В представленной работе выполнен расчет радиорадиуса для ряда модельных атмосфер, основанных на известной пространственно-неоднородной 3D модели хромосферы en024048_hion, полученной с помощью программы Vifrost для куба $24 \times 24 \times 17$ Мм с пространственным разрешением 48 км по горизонтали и 19-100 км по вертикали. Значения радиорадиуса определялись для ряда длин волн коротковолнового диапазона, включая рабочий диапазон системы ALMA.

Сравнение расчетных радиорadiусов с имеющимся набором измеренных значений, полученных разными авторами в прошлые годы, показывает, что измеренные радиорadiусы значительно превышают рассчитанные по использованной численной модели. В рассмотренном диапазоне длин волн измеренный радиорadiус изменяется от $7''$ до $24''$, в то время как модельный расчет дает значения, не превышающие $3''$. Такое сильное расхождение требует дополнительного исследования.

Расчет основных параметров магнитной трубки в рамках модели цилиндрически-симметричного равновесного состояния двухкомпонентной плазмы

Туракулов Я.З., Миненко Е.П., Карачик Н.В.

*Астрономический институт им. Мирзо Улугбека АН РУз.,
Ташкент, e-mail: tzafar@astrin.uz*

В данной работе представлена аналитическая модель магнитной трубки (МТ), которая описывается как цилиндрически-симметричное равновесное состояние двухкомпонентной плазмы. Плазменный поток представляется в виде суперпозиции двух заряженных сжимаемых компонент плазмы, которые взаимодействуют только в условиях электромагнитного поля. Суммарная плотность электрического заряда принимается равной нулю. Компоненты плазмы — это смесь протонного и электронного газов, которые вращаясь вокруг общей оси с разными угловыми скоростями, производят ненулевую плотность тока обоих компонент, которая служит в качестве источника магнитного поля. Граница МТ обусловлена расстоянием на котором угловые скорости обнуляются. Равновесное состояние системы обеспечено вращением плазмы в системе трех сил — магнитной, центробежной и градиента давления. В нашем случае модель весьма идеализирована и ограничена условием того, что окружающая плазма однородна и неподвижна.

Несмотря на это, представленная модель, при заданных параметрах - даёт возможность расчёта основных параметров МТ, таких как радиус трубки, количества магнитной энергии на единицу длины, величина магнитной напряженности и силы, плотности и внутреннего давления плазмы, величины магнитного потока, достаточных чтобы компенсировать давление окружающей плазмы и удерживать МТ в равновесии.

Проявление циклов солнечной активности в ритмах озерных ленточных глин позднего плейстоцена и современной эпохи

Тясто М.И.¹, Дергачев В.А.², Дмитриев П.Б.²

¹ *Санкт-Петербургский Филиал ИЗМИРАН, С.-Петербург,
e-mail: mtyasto@mail.ru*

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

Доскональную картину изменения климата в далеком прошлом дают аргиллиты — ископаемые окаменелости, обладающие слоистой структурой и сформировавшиеся в результате уплотнения ленточных глин. Благодаря исследованиям структуры слоев (ритмов) аргиллитов различных формаций, в них были обнаружены цикличности, указывающие на возможную связь этих ритмов с солнечной активностью. Но о структуре циклов солнечной активности того далекого доисторического времени доподлинно ничего неизвестно.

Чтобы проверить насколько точно можно соотносить циклы солнечной активности с ритмами ленточных глин, в настоящей работе, были изучены структуры 12-ти образцов ленточных глин, взятые из базы данных [1], и относящиеся к периоду позднего плейстоцена (~15 тыс. лет тому назад) и современной эпохе, когда структура циклов солнечной активности более или менее точно известна по другим наблюдательным данным.

Анализ исходных данных при помощи метода построения комбинированной спектральной периодограммы [2] позволил выявить в них квазипериодические структуры, которые можно отнести к следующим циклам солнечной активности: циклы Швабе (10-12 лет) и Гляйсберга (80-90 лет) с двумя его «ветвями» (60-70 и 100-120 лет) проявляются четко почти во всех образцах, тогда как циклы Хейла (10-12 лет), Брюкнера (31-32 года) и Зюсса-де Врие (~200 лет) обнаруживаются намного реже. В то же время во всех образцах присутствует цикл 5-7 лет, который относят к явлению Эль-Ниньо.

[1] <https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/paleoclimatology-data>

[2] Dergachev V.A., Tyasto M.I., Dmitriev P.B. Palaeoclimate and solar activity cyclicity 100–150 million years ago // *Advances in Space Research*. 2016. V.57. P.1118–1126.

Особенности изменения солярного климата Земли в современную эпоху

Фёдоров В.М.

*Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова,
Москва, e-mail: fedorov.msu@mail.ru*

Выполнены расчеты приходящей солнечной радиации на верхнюю границу атмосферы. Расчеты выполнялись по данным высокоточных астрономических эфемерид [1] в интервале с 3000 г. до н.э. по 2999 г. н.э. Исходными данными для расчетов инсоляции были склонение и эклиптическая долгота Солнца, расстояние от Земли до Солнца, разность хода равномерно текущего (координатного времени – СТ) и всемирного корректируемого времени (УТ). Шаги при интегрировании составляли: по долготе 1° , по широте 1° , по времени $1/360$ часть продолжительности тропического года. Значение солнечной постоянной принималось равным 1361 Вт/м^2 .

В результате для солярного климата определено:

1. Для годовой инсоляции Земли характерна медленная тенденция к сокращению.

2. Отмечается увеличение инсоляции в экваториальной области Земли и сокращение в полярных районах (усиление широтной контрастности).

3. Отмечается сокращение инсоляции в летние для полушарий полугодия и увеличение — в зимние полугодия (сглаживание сезонных различий).

4. На фоне вековых тенденций отмечаются малые высокочастотные вариации инсоляции, связанные с периодическими возмущениями орбитального движения Земли и наклона оси ее вращения. Выделяются 2-х, 3-х летние, 8-ми, 11-ти и 19-ти летние вариации в приходящей лучистой энергии.

5. В межгодовой изменчивости инсоляции отмечается синхронизация 2-х и 3-х летней периодичностью с 8-ми и 11-ти летними фазами 19-ти летнего цикла. Так, 2-х и 3-х летние циклы образуют 8-ми (2+3+3) и 11-ти (2+3+3+3) летние серии, соответствующие фазам 19-ти летнего цикла.

[1] <http://ssd.jpl.nasa.gov> – NASA, Jet Propulsion Laboratory California Institute of Technology (JPL Solar System Dynamics).

Микроволновое излучение вспышечной петли при Инициации турбулентности вистлеров

Филатов Л.В.¹, Мельников В.Ф.²

¹ ФГБОУ Нижегородский архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород, e-mail: filatovlv@yandex.ru

² Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, Санкт-Петербург, e-mail: v.melnikov@gaoran.ru

Микроволновое излучение вспышечной петли в короне Солнца генерируется, как известно, нетепловыми электронами, инжектируемыми в петлю в процессе вспышечного энерговыделения. Эти электроны частично удерживаются в петле как в магнитной ловушке и формируют ее микроволновое излучение. Его характеристики определяются механизмом гиросинхротронного излучения и зависят от распределения нетепловых электронов, магнитного поля и плотности плазмы в петле.

В данной работе численно исследуется влияние взаимодействия ускоренных электронов и турбулентности вистлеров на характеристики микроволнового излучения. Распределения электронов по энергиям иpitchуглам в каждой точке неоднородной петли рассчитывается на основе самосогласованных уравнений квазилинейной теории взаимодействия волн и частиц. Особенности характеристик микроволнового излучения (интенсивность, наклон спектра и др.) исследуются для трех случаев, реализуемых при определенных условиях в петле: 1) в режиме заданной стационарной турбулентности, 2) в режиме самосогласованной генерации турбулентности нетепловыми электронами, 3) в режиме поглощения вистлеров нетепловыми электронами. Проводится сравнительный анализ излучения в указанных режимах.

Изотопные следы сжатий гелиосферы, вызванных столкновениями Солнечной системы с плотными межзвездными облаками

*Васильев Г.И.¹, Константинов А.Н.², Кудрявцев И.В.¹,
Огурцов М.Г.¹, Остряков В.М.², Павлов А.К.¹,
Фролов Д.А.²*

¹ ФТИ им. А.Ф.Иоффе РАН, С.-Петербург

² Политехнический ун-т Петра Великого, С.-Петербург

При прохождении Солнечной системы через плотное межзвездное облако происходит сжатие гелиосферы. При этом уменьшается (вплоть до

полного исчезновения) модулирующее воздействие солнечной активности на Галактические космические лучи (ГКЛ). В результате увеличивается как поток ГКЛ вблизи орбиты Земли, так и скорость образования радиоактивных изотопов ^{10}Be , ^{14}C и ^{36}Cl в атмосфере. Время нарастания скорости образования изотопов определяется относительной скоростью столкновения Солнечной системы и облака, а продолжительность взаимодействия — размером облака. В настоящей работе мы анализируем события около 660, 813 и 5480 г.г. до н.э., обнаруженные по резкому возрастанию концентрации радиоуглерода в годичных кольцах деревьев и имеющие примерно одинаковые времена нарастания. Также событие 660 г. до н.э. проявилось и в концентрациях ^{10}Be и ^{36}Cl в ядрах полярных льдов. Межзвездные облака характеризуются значительно большим чем в атмосфере Земли изотопным соотношением $^3\text{He}/^4\text{He}$, поэтому прохождение облака меняет изотопный состав гелия в воздухе. Повышенное отношение $^3\text{He}/^4\text{He}$ было измерено в той части ледяного ядра с антарктической станции Восток, которая по времени соответствует событиям 660 и 813 г.г. до н.э.

Связь между фотосферными электрическими токами и ультрафиолетовым излучением активной области

Фурсяк Ю.А., Абраменко В.И., Куценко А.С.

*Крымская Астрофизическая обсерватория РАН, Научный, 298409,
Республика Крым, Россия, e-mail: yuriy_fursyak@mail.ru*

По данным приборов Helioseismic and Magnetic Imager (HMI) и Atmospheric Imaging Assembly (AIA) космического аппарата Solar Dynamics Observatory (SDO) получены карты распределения вертикальных электрических токов и вычислены суммарные интенсивности излучения в ультрафиолете для ряда активных областей (АО) 24 цикла солнечной активности. Исследуется динамика параметров вертикального электрического тока в фотосфере в связи с изменениями интенсивности ультрафиолетового излучения АО в короне. Особое внимание уделяется установлению характера взаимосвязи между временными изменениями распределенного по большой площади глобального электрического тока, замкнутого через хромосферу и корону в пределах АО, и параметрами ультрафиолетового излучения в короне над АО.

Минутные колебания на звездах: солнечно-звездные аналоги

Холтыгин А.Ф.¹, Батраков А.Ф.¹, Фабрика С.Н.², Валеев А.Ф.²

¹ *Санкт-Петербургский государственный университет,
Санкт-Петербург, e-mail: afkholygin@gmail.com*

² *Специальная Астрофизическая обсерватория РАН, Нижний
Архыз, e-mail: fabrika@sao.ru*

Представленная работа является продолжением исследований [1, 2, 3] сверхбыстрой (на минутной и секундной шкалах) переменности профилей линий в спектрах звёзд ранних спектральных классов. Спектры ОВА звезд HD 93521, ρ Leo, α^2 CVn и γ UMi были получены на 6-метровом телескопе БТА с помощью многорежимного редуктора SCORPIO с экспозицией 1-6 секунд и полным временем наблюдения 2-3 часа. Выполнена полная редукция спектров и проанализирована переменность профилей спектральных линий. Были найдены регулярные вариации профилей линий H, HeI, FeII, NiI, OII, SiII в спектрах программных звезд с периодами от 2 до ~ 90 минут и амплитудами 1-2% от уровня континуума. В спектре ρ Leo обнаружены также нерегулярные изменения профилей на промежутке меньше минуты. Частоты гармоник вариаций профилей в спектре ρ Leo с периодами меньшими 10 минут оказались переменными, причем за время наблюдений (128 минут), частоты короткопериодических компонент могут меняться на $\sim 20\%$. Обнаруженные минутные вариации профилей связаны с нерадиальными фотосферными пульсациями высоких мод ($l > 100$) и большой вероятностью имеют природу, близкую к природе пятиминутных солнечных колебаний. Обсуждаются возможные механизмы генерации минутных колебаний как на Солнце, так и на звездах.

- [1] S. Hubrig, M. Schoeller, A.F. Kholtygin, MNRAS, **440**, 1779 (2014).
- [2] A.F. Kholtygin, S. Hubrig, V.V. Dushin et al., ASP Conf. Ser., **510**, 299 (2017).
- [3] А.Ф. Холтыгин, А.А. Батраков, С.Н. Фабрика, А.Ф. Валеев, И.М. Туманова, О.А. Циопа, Астр. Бюлл. **73**, 498 (2018)

Корональные петли и оптическое излучение вспыхивающих звезд

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

¹ Крымская астрофизическая обсерватория Российской академии наук, Научный, e-mail: yur_scao@mail.ru

² Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория Российской академии наук, С.-Петербург, e-mail: stepanov@gao.spb.ru

Следуя работам [1] и [2], а также солнечно-звездной аналогии, проведен анализ моделей, предполагающих значительный вклад корональных петель в оптическое излучение вспыхивающих звезд. Показано, что предположение о существовании в короне областей высокой плотности ($\sim 10^{13}$ см⁻³) и температуры ($\sim 10^7$ К) сталкивается с трудностями. Во-первых, такие петли будут неустойчивы по отношению к магнитогиродинамическим возмущениям. Во-вторых, согласно стандартной модели вспышек ускоренные заряженные частицы не смогут обеспечить эффективный нагрев нижней атмосферы Солнца и соответственно формирование наблюдаемого чернотельного спектра излучения. В третьих, такой подход противоречит данным диагностики плазмы и магнитных полей методами корональной сейсмологии. Обсуждается также возможность возбуждения оптической компоненты в атмосфере рентгеновским излучением корональных петель [3]. Приводятся аргументы в пользу важной роли механизмов вспышечного энерговыделения в хромосфере/фотосфере Солнца и звезд.

[1] Mullan D.J., Herr R.B., Bhattacharyya S. // *Astrophys. J.*, 1992, v.391, p.265.

[2] Heinzl P., Shibata K. // *Astrophys. J.*, 2018, v.859, 143.

[3] Nizamov B.A. // *MNRAS*, 2019, arXiv:1905.05054.

О расщеплении полос на динамических спектрах радиовсплесков II типа

Цап Ю.Т.^{1,2}, Исаева Е.А.³, Копылова Ю.Г.²

¹ Крымская астрофизическая обсерватория Российской академии наук, Научный, e-mail: yur_scao@mail.ru

² Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория Российской академии наук, С.-Петербург, e-mail: stepanov@gao.spb.ru

³ Радиоастрономический институт НАН Украины, e-mail: isaevaode@gmail.com

³ Радиоастрономический институт НАН Украины, e-mail: isaevaode@gmail.com

Исходя из анализа динамических спектров излучения солнечных вспышек в метровом диапазоне длин волн, полученных с помощью наземной сети радиотелескопов Radio Solar Telescope Network, рассмотрена эволюция параметров расщепления полос солнечных радиовсплесков II типа. Относительное расщепление ведет себя немонотонным образом и его значение может меняться в широких пределах от 0.1 до 3. Это можно объяснить генерацией электромагнитных волн на первой и второй гармонике плазменной частоты и скачком плотности плазмы в окрестности фронта ударной волны. Показано, что совместное действие указанных механизмов может приводить к изменению относительного расщепления между полосами на динамических спектрах от 0 до 3. Обсуждается диагностика корональной плазмы и магнитных полей в рамках модели, предполагающей наличие связи между расщеплением полос и скачком плотности.

Кинетика пучка ускоренных электронов с учетом эффекта испарения вспышечной плазмы

Чариков Ю.Е.¹, Шабалин А.Н.¹

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

Рассмотрение процессов распространения пучков ускоренных электронов в плазме вспышечных магнитных петель обычно проводится в предположении стационарных параметров плазмы и магнитного поля с привлечением кинетического уравнения Фоккера-Планка. Возникает вопрос о влиянии не стационарности плазмы на характеристики электронов и электромагнитного излучения. Очевидно, для процессов на малых миллисекундных временных масштабах гидродинамические процессы влияния

не оказывают. Однако при длительной инжекции пучков ускоренных частиц в плазму вспышечных петель происходит изменение концентрации и температуры плазмы, особенно в их корональной части, что может влиять на динамику процессов распространения и излучения самих ускоренных электронов. В общем случае необходимо решать согласованную задачу распространения пучка в плазме с объединением кинетического уравнения с системой гидродинамических уравнений плазмы. В данной работе проведем упрощенный анализ влияния изменения гидродинамических параметров вспышечной плазмы на кинетику пучка ускоренных электронов. Будем рассматривать переменные профили концентрации плазмы, которые возникают в верхней части магнитной петли в результате испарения плазмы, то есть ее движения вверх при обжиге ускоренными электронами. Следует отметить, что процессы теплопроводности и излучения при внедрении пучка электронов в плазму формируют профили температуры с резким градиентом, что приводит к движению частиц плазмы вверх со скоростями порядка сотен км/с. На фронте такой волны образуется уплотнение плазмы, концентрация возрастает более чем на порядок. Таким образом, при длительной инжекции электронов в верхнюю часть петли распределение концентрации плазмы отличается от исходной в момент начала инжекции, что влияет на процессы распространения и излучения быстрых частиц. Детально эти процессы рассмотрены для солнечной вспышки SOL 2002-11-10T03:10.

Spectral and imaging analysis of the solar radio burst observed by MUSER

Xingyao Chen

*CAS Key Laboratory of Solar Activity, National Astronomical
Observatories of Chinese Academy of Sciences, Datun Road 20A,
Chaoyang District, Beijing, China*

The Mingantu Spectral Radioheliograph (MUSER) is a solar-dedicated interferometric array with a frequency range from 400MHz to 15 GHz. There are two arrays of 40 4.5m antennas covering 400MHz-2 GHz, and 60 2m antennas covering 2-15 GHz which have been established in Mingantu Town, Innermongolia of China. The burst event on Dec 17, 2014 for an M8.7 flare was recorded by MUSER-I in 400MHz-2GHz. The flare was with circular ribbons over multiple-scale loop structures as revealed by AIA/SDO. There were groups of small-scale low-lying arcades or loops, intermediate dome-like structure, and the large-scale loops as shown in EUV images involved in this flare process. The data processing of radio data, spectral and imaging observations

of the radio source, main features, complicated interactions in different loops and the physical relationships from various multi-wavelength observations are discussed and analyzed.

О возможной связи радиовсплесков, похожих на всплески II типа в дециметровом и микроволновом диапазонах, с конечными ударными волнами

Чернов Г.П., Фомичев В.В.

ИЗМИРАН, Москва, Троицк, e-mail: gchernov@izmiran.ru

Рассмотрен ряд явлений с радиовсплесками в дециметровом и сантиметровом диапазонах, похожими на всплески II типа в метровом диапазоне. Во всех явлениях радиовсплески обнаруживали остановку частотно-го дрейфа и его смену на обратный. Анализ всех имеющихся у нас данных о соответствующих вспышках свидетельствует о возникновении конечных ударных волн (termination shock, TS), во фронтах которых происходило ускорение частиц. Это подтверждается рождением новых источников жесткого рентгеновского излучения и радиоизлучения быстрых всплесков (спайков), волокон и зебра-структуры. Источники дрейфующих полос с разворотом дрейфа располагались или между вспышечной петлей и нижней ударной волной, или между нижней и верхней ударными волнами. Оценки критического числа Маха для обычных параметров вспышечной плазмы показали, что значения ($M_{кр} = 1.1?1.3$) могут легко реализоваться в рассматриваемых явлениях, и излучение можно связать с бунемановской неустойчивостью. Реализация необходимых условий для генерации наблюдаемых всплесков электромагнитного излучения возможна в шлемовидных магнитных структурах в солнечной короне.

Миллисекундные спайки рентгеновского излучения в солнечных вспышках: кинематика ускорения и распространения ускоренных электронов

Шабалин А.Н.¹, Чариков Ю.Е.¹

¹*Физико-технический институт им. А.Ф.Иоффе РАН,
Санкт-Петербург, e-mail: taoastronomer@gmail.com*

Из многочисленных измерений жесткого рентгеновского излучения с высоким временным разрешением, выполненных на космических аппаратах SMM, Конус–Винд, BATSE, RHESSI следует иерархия временных структур с характерными длительностями от десятков секунд до сотен миллисекунд. Нам будут интересовать особенности структуры жесткого рентгеновского излучения на мс-уровне. Анализ выражения для интенсивности тормозного излучения нетепловых электронов позволяет предположить, что переменность структуры может определяться временной структурой функции распределения ускоренных электронов. Отметим, что характерные времена неустойчивостей в плазме в момент ускорения частиц, например, тиринг-неустойчивости, составляют десятки-сотни миллисекунд. Однако, переменность функции распределения ускоренных электронов на мс-уровне не всегда обеспечивает подобную структуру жесткого рентгеновского излучения. Интенсивность рентгеновского излучения зависит от параметров плазмы, объема и геометрии магнитного поля. Заметим, что кулоновское время торможения в плазме с концентрацией 10^{10}см^{-3} для электронов с энергией 20 кэВ составляет порядка секунды. То есть, для сохранения тонкой временной структуры рентгеновского излучения требуется, чтобы ускоренные электроны в процессе распространения в плазме в область оснований магнитных петель сохраняли мс-структуру. Временная структура тормозного рентгеновского излучения уходящих в конус потерь в основания с плотной плазмой быстрых электронов может состоять из импульсов мс-длительности. Детальный анализ процессов распространения и излучения проведен для модели коллапсирующей магнитной ловушки с инъекцией 50-ти мс-импульсов в верхнюю часть петли с заданными распределениями концентрации плазмы и структуры магнитного поля при учете бетатронного и Ферми ускорений.

Геомагнитные бури и Форбуш-понижения ГКЛ в 23 и 24 циклах солнечной активности

Шадрина Л.П.¹, Стародубцев С.А.²

¹ Академия наук РС(Я), Якутск, e-mail: lushadr@mail.ru

² ИКФИА им. Ю.Г. Шафера СО РАН, Якутск,
e-mail: starodub@ikfia.sbras.ru

Проведен статистический анализ регистрации геомагнитных бурь и Форбуш-понижений космических лучей в 23 и 24 циклах солнечной активности. Исследованы два наиболее ярких наземных проявлений воздействия возмущений солнечного ветра на Землю — в геомагнитном поле (магнитные бури, MS) и в интенсивности космических лучей (Форбуш-эффекты, FD). Обычно эти два вида геофизических эффектов наблюдаются одновременно («Форбуши с бурями», FD+MS, 2й класс), однако нередко они протекают по-отдельности («Форбуши без бурь», FD-MS, 1й класс и «бури без Форбушей», MS-FD, 3й класс).

Показано, что количество MS и FD коррелирует с солнечной активностью. Высокую корреляцию с солнечной активностью показывают также первые два класса форбуш-буревых событий — (FD+MS) и (FD-MS), соответственно, $r = 0.84$ и $r = 0.80$. Количество геомагнитных бурь без Форбуш-понижений КЛ (MS-FD), 3й класс, не коррелирует с солнечной активностью ($r = 0.15$), но значительно выше их коэффициент корреляции с геомагнитной активностью, $r = 0.65$. Также уточнено соотношение количества событий в трех классах: FD-MS : FD+MS : MS-FD = 1:1.5:1 (по данным 1976-1974 г.г. было 1:4:5 [1]). Это вызвано тем, что появилась возможность учитывать не только интенсивные события FD (от 4% и более), но и более слабые (от 1,2%) благодаря базе данных Форбуш-эффектов ИЗМИРАН (FIELD).

[1] Шадрина Л.П., Мамрукова В.П., Плотников И.Я. // Геомагнетизм и аэронавигация, 1996, т.36, №3, с.169.

**Вариации светимости NUV297–330nm в интервале
24-го цикла солнечной активности по данным
наблюдений на ст. Новолазаревская (Антарктида)**

Шаповалов С.Н.

*ФГБУ «ГНЦ РФ Арктический и антарктический НИИ» Россия,
Санкт-Петербург, ул. Беринга, 38, e-mail: shapovalov@aari.ru*

Наблюдения солнечной радиации в диапазонах UVA (400-315nm) и UVB (315-280nm) представляют фундаментальное значение в исследовании воздействия солнечной активности на тренды климата Земли.

На ст.Новолазаревская (70°46'37"S, 11°49'26"E) выполняются спектральные измерения светимости диапазона NUV330-297nm в 24-ом цикле СА. В анализе сезонных периодограмм (сентябрь-март) выявлены устойчивые в амплитуде спектральной плотности периоды, тождественные дифференциальному вращению Солнца 420-410nHz (26-28сут). В общем распределении среднесезонных оценок стандартных отклонений (SD330-297) установлена прямая зависимость хода оценок от значений общего магнитного поля Солнца (wso.stanford.edu/meanfld/MF). Результаты анализа спутниковых данных NUV380-280nm в 24-ом цикле СА (<http://lasp.colorado.edu/lisird/>) подтверждают устойчивую связь светимости диапазона с MF на стадиях цикла СА ($r \sim 0.6$). Максимальный коэффициент корреляции отмечается на границе участков UVA и UVB в поддиапазоне NUV320-315nm ($r \sim 0.8$).

Светимость NUV380-280nm является основным источником фотохимических процессов в нижней атмосфере, где формируются условия для долговременных изменений климата. Следовательно, фотопроцессы с энергией $<4.43\text{eV}$ ($>280\text{nm}$), в которых O₃ образуется в фотолитическом цикле NO₂, могут зависеть от подфотосферных механизмов в большей степени, чем от хромосферных и корональных. Проверка устойчивости характеристик оптоволоконного спектрометра AvaSpec-2048, используемого в измерениях, проводилась ежегодно в даты зимнего солнцестояния методом сопоставления спектра зенита атмосферы с данными стандартизированного актинометра CM7B на ст.Новолазаревская.

**Анализ динамики нагретой плазмы вблизи
нейтральной линии магнитного поля по данным
ультрафиолетовой обсерватории IRIS для солнечной
вспышки SOL2015-06-22 M6.5**

Шарыкин И.Н., Зимовец И.В.

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

В рамках работы, производится анализ ультрафиолетовых спектров по данным Interface Region Imaging Spectrometer (IRIS) для солнечной вспышки M6.5 GOES класса, произошедшей 22 июня 2015 г. Данное событие было отобрано в связи с тем, что для него были произведены спектральные измерения вспышечной плазмы вблизи нейтральной линии магнитного поля (НЛ) в диапазоне ближнего УФ излучения по данным IRIS в режиме Raster с 16-ю положениями щели спектрометра. Причем достаточно подробно была прописана область вблизи НЛ во время предимпульсной и импульсной фазы. За час до вспышки наблюдались отдельные всплески-прекурсоры основного энерговыделения. Основной задачей данной работы является детальное исследование динамики вспышечной плазмы в различных слоях солнечной атмосферы вблизи НЛ и ее сравнение с перестройкой магнитного поля во время вспышки. В докладе приводятся предварительные результаты анализа временной и пространственной динамики скорости течений плазмы вдоль луча зрения, а также турбулентных уширений линий для УФ линий, чувствительных к различным температурам. Отдельно рассматривается динамика плазмы вблизи НЛ, связанная с предвспышечной активностью.

**Статистическое исследование гелиосейсмически
активных солнечных вспышек**

Шарыкин И.Н.¹, Косовичев А.Г.²

¹*Институт космических исследований РАН, Москва,
e-mail: ivan.sharykin@phystech.edu*

²*New Jersey Institute of Technology, Newark, USA*

Составлен наиболее полный каталог солнечных вспышек M-X класса за 24-й цикл солнечной активности, в которых наблюдались гелиосейсмические волны (солнцетрясения). Показано, что для пятой части от полного числа M-X вспышек были зафиксированы гелиосейсмические волны. Стоит отметить, что ранее предполагалось, что солнцетрясения крайне редки

и наблюдаются преимущественно в мощных вспышках. Однако оказалось, что существует множество вспышек умеренной мощности, в которых наблюдались сильные солнцетрясения, тогда как в некоторых мощных X вспышках волны либо совсем не наблюдались, либо были крайне слабы. Показано, что в 24-м цикле солнечной активности существовали активные области (около 8 из 35 сейсмически активных АО), в которых генерация солнцетрясений во время вспышек была, в особенности, эффективной (более 5 солнцетрясений за все время). По данным акустической голографии оценена полная энергия солнцетрясений и показано, что она хорошо коррелирует (коэфф. корр. ~ 0.7) с максимальным значением производной по времени потока мягкого рентгеновского излучения по данным GOES. При этом корреляция с классом GOES плохая. Произведено сравнение между вспышками с солнцетрясениями и вспышками без фотосферных возмущений. Показано, что гелиосейсмически активные солнечные вспышки являются более импульсными. В докладе, для примера, приводится краткий анализ быстрой динамики магнитного поля для импульсной солнечной вспышки M9.3 GOES класса, произошедшей 30 июля 2011 г.

Роль хромосферных и корональных выбросов в развитии солнечных LDE-вспышек в 24 цикле

Шаховская А.Н.¹, Григорьева И.Ю.²

¹*Крымская Астрофизическая Обсерватория, Республика Крым,
пгт.Научный, e-mail: anshakh@yandex.ru*

²*Главная Астрофизическая Обсерватория, Пулково,
Санкт-Петербург, e-mail: irinagao@gmail.com*

Исследуется вопрос о взаимосвязи длительности солнечных рентгеновских вспышек и корональных или хромосферных выбросов. Существует гипотеза, что оседающая после КВМ материя способствует формированию постэруптивной аркады и длительному свечению плазмы в мягком рентгене. Однако проведенные ранее исследования, показывают невысокую корреляцию между массой КВМ и длительностью рентгеновских вспышек. Мы предполагаем, количество оседающей материи зависит не только от массы КВМ, но также и взаимодействия нескольких КВМ, так называемого "каннибализма". Кроме того, материя может поступать не только от КВМ, но и от оседания хромосферных выбросов. Мы исследовали LDE-вспышки 24 цикла и нашли, что значительная часть их ассоциирована с КВМ небольшой массы, а некоторые вообще не сопровождаются КВМ. Также мы обнаружили, что многие LDE-вспышки 24 цикла состоят

из нескольких последовательных эпизодов с эрупциями. В качестве примера мы подробно рассмотрели вспышку 07 марта 2011 года в АО 11166 NOAA, это событие было небольшой мощности и ассоциировалось с корональным выбросом средней массы. Мы провели мультиволновое исследование этой вспышки, используя данные наземных и космически наблюдений, и пришли к выводу, что причина ее большой длительности именно в ее многокомпонентности.

**Методика обработки наблюдений РАТАН-600
для изучения динамики плазменных струй
и активности солнечного цикла**

Шендрик А.В., Курочкин Е.А.

*Специальная астрофизическая обсерватория РАН,
Санкт-Петербург, Россия, e-mail: andrei.shendrik@gmail.com*

Архив регулярных солнечных наблюдений РАТАН-600 содержит данные с начала 1997г. (за 23 и 24 солнечных цикла), которые представляют собой данные левой и правой круговых поляризааций и охватывают диапазон в 3-18ГГц с высокими частотным и пространственным разрешениями. В работе представлена предлагаемая методика обработки данных, которая включает в себя: выбраковывание дефектов, калибровку, нахождение фона в виде «спокойного» Солнца, поиск источников циклотронного излучения в активных областях, а также задействование вспомогательных данных по активным областям (АО) Solar Region Summary (SRS) предоставляемых SWPC NOAA. Конечной целью является получение параметров солнечной активности таких как плотность потока в АО в диапазоне 3-18ГГц, значения магнитного поля и поиск других параметров для изучения циклической активности Солнца, а также динамики плазменных струй. Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 18-29-21016 и 19-32-50046.

**Локализация и ориентация корональных ярких точек
относительно крупномасштабных магнитных полей
в 23 цикле**

***Миненко Е.П., Шерданов Ч.Т., Карачик Н.В.,
Ильясов С.П.***

*Астрономический институт им.Мирзо Улугбека АН РУз.,
Ташкент, e-mail: chori@astrin.uz*

Используя корональные снимки на длине волны 195 Å, с инструмента AIA/SOHO, мы исследовали пространственно-временное распределение и ориентацию корональных ярких точек (КЯТ) двух типов относительно крупномасштабных магнитных полей (КМП) в периоды максимальной и минимальной солнечной активности (СА) 23 солнечного цикла. Найдено, что КЯТ на высоких широтах (более 30 градусов) больше ориентированы вдоль солнечного экватора, в то время как вблизи него они ориентированы более случайно. В то время, как «яркие» КЯТ располагаются на КМП хвостовой полярности - «тусклые» в КМП лидирующей полярности. В минимуме цикла большой процент «ярких» КЯТ определяется вблизи линии раздела полярности (ЛРП). Также отмечено, что в максимуме СА большинство «ярких» КЯТ наблюдается в именно экваториальной зоне северного полушария.

**Старая и новая версии ряда чисел Вольфа:
согласованность характеристик восстановленной
и инструментальной частей рядов**

Шибеев И.Г.

ИЗМИРАН

Естественно желание включить столетний интервал восстановленной части ряда чисел Вольфа W_{rest} (1749 – 1849 гг.) в исследования наравне с инструментальной частью ряда W_{tool} (с 1849 г. по настоящее время). Но при объединении отрывочных данных с различной плотностью наблюдений, амплитудным разрешением и масштабированием искажутся, в первую очередь, локальные характеристики регистрируемого процесса и взаимосвязь (гладкость) временных фрагментов разного масштаба. Поэтому важно оценить степень согласованности этих рядов и непротиворечивость параметров самого ряда W_{rest} .

В работе исследуются статистические параметры протяженных фрагментов без детализации их «сложной» истории и сопоставляются характеристики выделенных интервалов [1]. Маркировка «длинных» и «коротких» циклов для Wtool позволяет параметризовать некоторые характеристики и аппроксимировать их эмпирические зависимости. Полученные функции использованы для оценки параметров ряда Wtest и отмечена их противоречивость. Предложены варианты коррекции длины и «мощности» восстановленного ряда. Сопоставлены результаты для старой и новой версий ряда чисел Вольфа.

- [1] Шибаев И.Г. Оценка восстановленной части ряда ежемесячных чисел Вольфа (1700—1849 гг.) по характеристикам его достоверной части (1849—2009) и температурным рядам / Труды Всероссийской ежегодной конференции по физике Солнца: Солнечная и солнечно-земная физика – 2010, Пулково, Санкт-Петербург, 03–09 октября 2010 г., с. 455-458.

Исследование магнитной активности звёзд – красных карликов по базам данных наземных и космических наблюдений

***Шляпников А.А.¹, Бондарь Н.И.¹, Горбунов М.А.¹,
Горбачев М.А.^{1,2}***

¹ *Крымская астрофизическая обсерватория РАН, Научный, Крым,
e-mail: aas@crao.crimea.ru*

² *Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань,
e-mail: mark-gorbachev@rambler.ru*

По данным наземных и космических наблюдений рассмотрены проявления кратковременной и долговременной переменности звёзд нижней части главной последовательности, обусловленные магнитной активностью. На коротких интервалах времени, составляющих часы наблюдений, проанализированы обнаруженные вспышки блеска объектов [2].

При анализе фотометрического поведения звёзд за годы и десятилетия наблюдений [1] обсуждается возможность проявления циклических изменений блеска, обусловленных периодическими изменениями магнитной активности аналогичной солнечной.

Рассмотрены данные наблюдений, полученные при анализе архивов стеклянных библиотек, а также выполненных при наземных и космических мониторингах: CSDR, NSVS, ASAS, Hipparcos, Kepler, TESS и других.

Работа выполнена при частичной поддержке грантов РФФИ № 18-32-00775 и № 19-02-00191.

- [1] Bondar' N.I., Gorbunov M.A., Shlyapnikov A.A. // «Physics of Magnetic Stars». ASP Conference Series, 2019, V. 518, pp. 180-184.
- [2] Gorbachev M.A., Shlyapnikov A.A. // 2019, arXiv:1903.05920, pp. 1-6.

Интерпретация измерений 27-дневных вариаций потоков ГКЛ в эксперименте PAMELA при помощи коротирующих областей в межпланетном пространстве

Юлбарисов Р.Ф., Майоров А.Г.

*Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,
Москва, e-mail: rfyulbarisov@gmail.com*

Работа посвящена анализу характеристик корональных дыр на Солнце и поиску взаимосвязи между ними и 27-дневными вариациями потока галактических космических лучей (ГКЛ), которые наблюдались в эксперименте PAMELA [1] с сентября 2007 года по сентябрь 2008 года.

Для идентификации корональных дыр (КД) создан алгоритм, обрабатывающий цифровые изображения Солнца в УФ диапазоне длин волн, полученные обсерваторией SOHO [2]. При сравнении с результатами аналогичной обработки другими алгоритмами [3] наблюдается согласие, однако предложенный алгоритм является более гибким в использовании и включает настройку критериев поиска КД.

Определение корреляции между характеристиками КД и вариациями потока ГКЛ проводилось при помощи вейвлет-анализа, позволяющего работать с нестационарными временными рядами и выделять 27-дневные гармоники в различные моменты времени.

Во временном профиле площади КД обнаружен 27-дневный период, который близок ко времени обращения Солнца вокруг своей оси в экваториальной зоне.

- [1] Picozza P., Galper A.M., Castellini G. et al. PAMELA // *Astropart. Phys.*, 2007, v. 27, p. 296.
- [2] Delaboudiniere J.-P., Artzner G.E. and other // *Solar Phys.*, 1995, v. 162, p. 291.
- [3] Krista L.D, Gallagher P.T. // *Solar Phys.*, 2009, v. 256, p. 87.

**24-й цикл солнечной активности:
геоэффективность вспышек**

Бруевич Е.А.^{1,2}, Якунина Г.В.³

¹*Государственный астрономический институт
им. П.К.Штернберга Московский Государственный университет
им. М.В.Ломоносова (ГАИШ МГУ), Москва,
e-mail: red-field@yandex.ru*

²*ИПГ им. Е.К. Федорова, Москва*

³*Государственный астрономический институт
им. П.К.Штернберга Московский Государственный университет
им. М.В.Ломоносова (ГАИШ МГУ), Москва,
e-mail: yakunina@sai.msu.ru*

Рассматриваются различные аспекты проблемы геоэффективности таких явлений солнечной активности, как вспышки и корональные выбросы массы (СМЕ). Число геоэффективных событий в 24-м цикле было примерно в 2 раза меньше, чем в 23-м цикле. Сравниваются статистические данные по крупным вспышкам и D_{st} -индексу на разных фазах 24-го цикла и для разных полушарий (имеет место заметная асимметрия вспышечной активности). Анализ крупных вспышек (рентгеновский класс $> M5$) проведен по данным спутниковых наблюдений GOES-15, SDO/EVE в 24-м цикле солнечной активности (2010-2017). Используются данные о вспышках и корональных выбросах масс из каталога SOHO LASCO CME CATALOG, данные о вспышках из каталога МЦД, данные из архива National Geophysical Data Center. Анализ данных SOHO LASCO CME CATALOG показал, что в случае, когда имеет место возможное геоэффективное событие (вспышка класса $M5$ и выше), а также эту вспышку сопровождает мощный корональный выброс ($V > 1000$ км/сек, выброс типа Halo), момент начала коронального выброса происходит на 10-30 минут раньше, чем амплитуда вспышки достигает своего максимума. Максимальный поток массы коронального выброса достигается, когда на спаде амплитуда вспышки проходит значение в $1/2$ величины от максимального значения.

**Вариации потоков солнечного УФ-излучения (вне
вспышек) в линиях HeI и HeII в 24-м цикле активности
по данным SDO/EVE**

Бруевич Е.А.¹, Казачевская Т.В.², Якунина Г.В.³

¹ *Государственный астрономический институт им. П.К.
Штернберга, Московский Государственный университет им.
М.В.Ломоносова (ГАИШ МГУ), Москва, e-mail: red-field@yandex.ru*

² *ИПГ им. Е.К. Федорова, Москва, e-mail: kazachevskaya@mail.ru*

³ *Государственный астрономический институт им.П.К.
Штернберга, Московский Государственный университет им.
М.В.Ломоносова (ГАИШ МГУ), Москва, e-mail: yakunina@sai.msu.ru*

Из архивных данных SDO/EVE с 2010 по 2018 гг. сформированы ряды абсолютных величин потоков в линиях нейтрального гелия HeI 58.4 нм, HeI 53.7 нм и линиях ионизованного гелия HeII 30.4 нм и HeII 25.6 нм. Получено, что линии гелия по-разному изменяются в цикле солнечной активности. Поток в линии $\lambda = 30.4$ нм уменьшается примерно на 18 % от величины в максимуме активности, а сильнее всего уменьшается (примерно на 45 %) поток в линии $\lambda = 58.4$ нм. Линия $\lambda = 30.4$ нм является второй по яркости хромосферной эмиссионной линией в спектре Солнца и важнейшей по степени воздействия на ионосферу Земли.

Получены регрессионные зависимости потоков в линиях (из ежедневных измерений SDO/EVE) от текущего значения индекса $F_{10.7}$, что позволяет с высокой точностью восстановить эти потоки для разных уровней активности Солнца.

Рассчитаны декременты в УФ-линиях водорода $F_{121.6}/F_{102.6}$, $F_{97.3}/F_{102.6}$, $F_{95.0}/F_{102.6}$, нейтрального $F_{58.4}/F_{53.7}$ и ионизованного гелия $F_{30.4}/F_{25.6}$ в течение 24-го цикла. Обнаружено заметное уменьшение декрементов в середине цикла — максимуме активности. Исключение составляет декремент в линиях нейтрального гелия $F_{58.4}/F_{53.7}$. В этом случае в максимуме цикла наблюдается небольшое увеличение величины декремента.

Оглавление

<i>Абраменко В.И.</i> Самоорганизованная критичность солнечного магнетизма	3
<i>Абрамов-Максимов В.Е., Боровик В.Н., Опейкина Л.В., Тлатов А.Г.</i> Активные области Солнца перед большими вспышками по данным РАТАН-600, NoRH и SDO	3
<i>Абрамов-Максимов В.Е., Боровик В.Н., Опейкина Л.В.</i> К вопросу о наклоне спектра микроволновых источников над нейтральной линией магнитного поля	4
<i>Абрамов-Максимов В.Е., Бакунина И.А.</i> Колебания в активных областях Солнца на предвспышечной стадии.	5
<i>Абунин А.А., Абунина М.А., Белов А.В., Гайдаш С.П., Крякунова О.Н., Николаевский Н.Ф., Прямушкина И.И.</i> Исследование суточного хода потока релятивистских электронов с энергиями более 2 МэВ на геостационарных орбитах	5
<i>Абунин А.А., Абунина М.А., Белов А.В., Гайдаш С.П., Прямушкина И.И., Трефилова Л.А.</i> Связь потока солнечных протонов с энергиями более 10 и 100 МэВ с магнитными потоками диммингов и постэруптивных аркад соответствующих солнечных эрупций	6
<i>Абунина М.А., Абунин А.А., Белов А.В., Гайдаш С.П., Прямушкина И.И.</i> Форбуш-эффекты от возмущений солнечного ветра с различной структурой магнитного поля	6
<i>Алексеев В.В., Макаренко Н.Г.</i> Мультимасштабное представление активных областей Солнца	7
<i>Алексеева Л.М., Кшевцевский С.П.</i> Нелинейные неустойчивости пинчового типа на границе разнополярных магнитных областей верхней хромосферы Солнца. Численное моделирование	8
<i>Андреева О.А., Малащук В.М.</i> Корональные дыры на спаде активности 24-го цикла	8
<i>Андреева О.А., Абраменко В.И., Малащук В.М.</i> Северо-южная асимметрия корональных дыр и солнечных пятен в период 2013-2015 гг.	9
<i>Aseovski S.N.</i> Interplanetary response of the geomagnetic storms	10
<i>Ахтемов З.С., Цап Ю.Т., Ханейчук В.И.</i> О связи корональных дыр средних и низких широт с общим магнитным полем Солнца	10
<i>Бабин А.Н., Коваль А.Н.</i> Большой Лио-коронограф конструкции Никольского-Сазанова в Крымской астрофизической обсерватории	11
<i>Бакунина И.А., Мельников В.Ф., Моргачев А.С.</i> Предвспышечная динамика микроволнового и ультрафиолетового излучения в активных областях Солнца	12

<u>Березин И.А., Тлатов А.Г.</u> Сравнительный анализ наземных и спутниковых наблюдений фотосферного магнитного поля в приложении к моделированию параметров корональных дыр и солнечного ветра	12
<u>Биленко И.А.</u> Влияние циклических изменений глобального магнитного поля Солнца на характеристики плазмы межпланетной среды	13
<u>Богод В.М., Тлатов А.Г., Кузанын К.М., Лесовой С.В., Стороженко А.А., Sierra P.</u> Проект реконструкции Гаванской радионавигационной станции для задач службы Космической погоды	14
<u>Богод В.М., Кальтман Т.И., Лукичева М.А., Ступишин А.Г.</u> Сопоставление наблюдений и моделирование солнечной атмосферы над пятном по данным инструментов ALMA и RATAN-600	15
<u>Бондарь Н.И., Кацова М.М.</u> Исследование долговременных изменений блеска у звезд малых масс с сильными магнитными полями	16
<u>Бруевич Е.А., Буров В.А., Очелков Ю.П.</u> Вероятностный прогноз сильных возмущений магнитного поля Земли по характеристиками рентгеновских вспышек и корональных выбросов масс	17
<u>Васильев Г.И., Богомолов Э.А., Лысенко А.Л., Овчинникова Е.П.</u> Гамма-излучение вызванное ядерным взаимодействием протонов, ускоренных во время солнечных вспышек	18
<u>Веретененко С.В., Огурцов М.Г.</u> Влияние солнечно-геофизических факторов на состояние стратосферного полярного вихря	18
<u>Веретененко С.В., Огурцов М.Г., Обридко В.Н.</u> Долговременные изменения годовой частоты повторяемости магнитных бурь с внезапным и постепенным началом по данным обсерваторий ИЗМИРАН и Слуцк (Павловск)	19
<u>Вернова Е.С., Тясто М.И., Баранов Д.Г.</u> Долготная асимметрия солнечной активности и правило Гневывшева-Оля	20
<u>Волобуев Д.М., Макаренко Н.Г.</u> Горизонты предсказуемости солнечной активности	21
<u>Возмянин М.В., Арльт Р., Золотова Н.В.</u> Восстановление параметров солнечной активности по наблюдениям Томаса Харриота	22
<u>Georgieva K., Obridko V.N., Abunin A.A., Kirov B., Shelting B.D., Livshits I.M.</u> Long-term variations of solar activity from ground-based measurements	22
<u>Гетлинг А.В., Бучнев А.А.</u> О закономерностях процессов зарождения активных областей	23
<u>Гетлинг А.В.</u> Особенности эволюции активной области 12673	24

<u>Глобина В.И., Шабалин А.Н., Чариков Ю.Е., Овчинникова Е.П.</u> Моделирование процессов в системе плазма – пучок ускоренных электронов для объяснения КПП жесткого рентгеновского излучения солнечных вспышек	25
<u>Голубчина О.А.</u> Проявление симпатических всплесков на Солнце в широком сантиметровом диапазоне длин волн	26
<u>Гопасюк О.С., Вольвач А.Е., Якубовская И.В.</u> Экстремальные солнечные события 6 сентября 2017 года	26
<u>Горбачев М.А., Игнатов В.К., Шляпников А.А.</u> Анализ магнитной активности звёзд нижней части главной последовательности с обнаруженными экзопланетами	27
<u>Charanov Ya., Gorshkov V.L.</u> Winter North Atlantic Oscillations Driven by Total Solar Irradiance Variations	27
<u>Григорьева И.Ю., Струминский А.Б., Шаховская А.Е.</u> Протонные вспышки с невыраженной импульсной фазой	28
<u>Губченко В.М.</u> Источник электромагнитного излучения в короне и импеданс области стационарного магнитного пересоединения	29
<u>Птицына Н.Г., Данылова О.А., Тясто М.И.</u> Влияние параметров гелиосферы на жесткость геомагнитного обрезания космических лучей во время различных фаз магнитной бури	30
<u>Данов Д., Митева Р.</u> Каталоги протонных событий в ИКИТ-БАН	30
<u>Дергачев В.А.</u> Оценка изменений температуры в прошлые эпохи по данным изотопных отношений благородных газов Ar, Kr, Xe с N ₂ в слоях льда и океане	31
<u>Дергачев В.А., Кудрявцев И.В.</u> Периоды экстремально высоких значений скорости образования космогенного ¹⁴ C и изменение температуры по данным о содержании изотопа ⁴⁰ Ar в слоях льда за последние 4000 лет	32
<u>Васильев С.С., Дергачев В.А.</u> Природа циклических изменений скорости образования ¹⁰ Be за последние 10 тыс. лет	33
<u>Дертеев С.Б., Михалев Б.Б., Джимбеева Л.Н.</u> Модели корональных выбросов массы	34
<u>Дмитриев П.Б.</u> Вариации потока солнечных протонов на протяжении последних трех циклов солнечной активности (по данным спутников серии GOES)	35
<u>Дмитриев П.Б.</u> Временная структура мягкого рентгеновского излучения Солнца на протяжении 22–24 циклов солнечной активности	36
<u>Ефремов В.И., Парфиненко Л.Д., Соловьев А.А.</u> Связь долгопериодических колебаний магнитного поля солнечного пятна и вариаций яркости его тени	37
<u>Живанович И., Соловьев А.А.</u> Зависимость напряженности магнитного поля и интенсивности в солнечном пятне	37

<u>Живанович И., Соловьев А.А.</u> Распределение магнитного поля в вращающемся и хвостовом солнечных пятнах	38
<u>Кашаева Л.К., Жукова А.В., Мешалкина Н.С., Митева Р., Мягкова И.Н.</u> Изучение особенностей солнечных источников в СКЛ на основе микроволновых наблюдений с использованием магнитно-морфологической классификации активных областей	39
<u>Жукова А.В., Соколов Д.Д., Абраменко В.И., Хлыстова А.И.</u> Проявления флуктуационного динамо в 23-м и 24-м циклах	40
<u>Загайнова Ю.С., Файнштейн В.Г., Руденко Г.В.</u> Связь скорости коронального выброса массы с быстротой спада магнитного поля в нижней короне в области генерации выброса массы	41
<u>Иванов В.Г.</u> Форма 11-летнего цикла солнечной активности в исторических данных	41
<u>Илларионов Е.А., Тлатов А.Г.</u> Выделение контуров солнечных пятен с помощью нейронной сети	42
<u>Калинин А.А., Калинин Н.Д.</u> О моделировании спектра солнечного пятна	43
<u>Кальтман Т.И., Накаряков В.М., Анфиногентов С.А., Шендрик А.В., Лукичева М.В., Ступишин А.Г.</u> Каталог горячих струй в короне Солнца за 2015–2018 годы	44
<u>Ким И.С.</u> Г.М. Никольский — выдающийся астроном и незаурядный человек	45
<u>Ким И.С., Крусанова Н.Л.</u> Цвет структур солнечной короны	45
<u>Василенко Т.А., Довбнич М.М., Кириллов А.К., Мендрий Я.В.</u> Пространственно-временной анализ аварийных ситуаций в угольных шахтах. Космофизические аспекты	46
<u>Kirov B., Georgieva K., Nagovitsyn Yu.A.</u> Solar activity and the Earth's climate	47
<u>Кичатинов Л.Л., Непомнящих А.А.</u> Модель динамо северо-южной асимметрии солнечной активности	48
<u>Kleeroin N., Rogachevskii I., Safiullin N., Porshnev S.</u> Механизмы пятнообразования и долговременные свойства активности Солнца	49
<u>Князева И.С., Макаренко Н.Г.</u> Машинное обучение в прогнозировании солнечных вспышек. Современное состояние и перспективы	50
<u>Koleva K., Dechev M.</u> Multi-wavelength Study of a Solar Two-ribbon Flare	51
<u>Комитов Б.П., Кафтан В.И.</u> Анализ временного ряда среднегодовых значений общепланетарного вулканического индекса (VEI) в связи с солнечной и геомагнитной активностью за последние 400 лет	51

<u>Комитов Б.П., Кафтан В.И.</u> Солнечно обусловленные колебания климата Южной Болгарии: Анализ годовых колец иглолистных древесных образцов	52
<u>Коралькова О.А., Соловьев А.А.</u> Трехмерная модель спокойного солнечного протуберанца	53
<u>Котов В.А.</u> Цикл 7 лет	53
<u>Крамьнин А.П., Кузьменко И.В.</u> Динамика распределения климатических параметров по фазам 11-летнего цикла солнечной активности	54
<u>Кудрявцев И.В., Кальтман Т.И.</u> Влияние углового распределения ленгмюровских волн на направленность радиоизлучения на двойной плазменной частоте	54
<u>Кудрявцев И.В.</u> Гелиосферный модуляционный потенциал, реконструированный на основе данных по содержанию космогенного изотопа ^{10}Be во льдах Гренландии и экстремумы активности Солнца	55
<u>Ватагин П.В., Кудрявцев И.В.</u> Пространственно-временная динамика быстрых электронов, распространяющихся во вспышечной плазме с учетом взаимодействия с ленгмюровской турбулентностью	56
<u>Кузанын К.М., Клиорин Н.И., Рогачевский И.В., Тлатов А.Г.</u> Закон Джоя для групп солнечных пятен на высоких и низких широтах	57
<u>Кузнецов В.Д., Осин А.И.</u> МГД ударные волны и турбулентность в бесстолкновительной плазме солнечного ветра	58
<u>Куприянова Е.Г., Колотков Д.Ю., Кашапова Л.К., Кудрявцева А.В., Брумол А.-М.</u> О природе нестационарных свойств КПП радиоизлучения трех солнечных вспышек	59
<u>Куприянова Е.Г., Кальтман Т.И., Брумол А.-М., Мехта Т.</u> Тестирование методов распознавания КПП с нестационарными параметрами	60
<u>Курочкин Е.А., Богод В.М., Петерова Н.Г., Шендрик А.В.</u> Эффективность прогнозирования вспышек в активных областях Солнца по микроволновым данным	61
<u>Куценко А.С.</u> Дифференциальное вращение магнитных структур с различным магнитным потоком	61
<u>Куценко О.К., Абраменко В.И., Куценко А.С.</u> Спектры мощности затухающих активных областей	63
<u>Ларионова А.И., Брумол А.-М., Кашапова Л.К., Куприянова Е.Г.</u> Кросс-волновой анализ усредненного профиля вспышки Солнца-как-звезды	64

<u>Ларионова А.И., Дергачев В.А., Кудрявцев И.В., Наговицын Ю.А., Огурцов М.Г.</u> Радиоуглеродные данные с конца 18 века как отражения вариаций солнечной активности, естественных климатических изменений и антропогенной активности	65
<u>Логачев К.В., Радинок О.А., Шляпников А.А.</u> Каталог и библиография активных красных карликов, изученных в КрАО	66
<u>Suli Ma</u> Radio Sources of a Complicated Type II Radio Burst	67
<u>Майоров А.Г., Юлбарисов Р.Ф.</u> от имени коллаборации ПАМЕЛА Амплитудные и временные характеристики 27-дневных вариаций потока ГКЛ по данным эксперимента ПАМЕЛА	67
<u>Мельников В.Ф., Филатов Л.В.</u> Условия генерации турбулентности вистлеров нетепловыми электронами во вспышечных петлях	68
<u>Мерзляков В.Л., Старкова Л.И.</u> Проявления в короне Солнца процесса генерации магнитного поля	68
<u>Мерзляков В.Л.</u> Дрейфовые потоки вещества в корону Солнца	69
<u>Мерзляков В.Л., Старкова Л.И.</u> Проявления в короне Солнца процесса генерации магнитного поля	70
<u>Миненко Е.П.</u> Долгопериодические нелинейные колебания двух типов корональных ярких точек	70
<u>Miteva R., Samwel S.W., Veronig A., Dissauer K., Koleva K., Dechev M.</u> New catalogs of solar energetic particles and properties of the associated flare emission	71
<u>Михаляев Б.Б., Дертеев С.Б., Шивидов Н.К., Тухжин И.Ю.</u> Изгибные колебания корональных магнитных трубок	72
<u>Михаляев Б.Б., Манкаева Г.А., Дертеев С.Б.</u> Нелинейные радиальные колебания корональных магнитных трубок	73
<u>Моргачев А.С., Цап Ю.Т., Моторина Г.Г., Смирнова В.В.</u> Об источнике генерации теплового суб-терагерцового излучения солнечных вспышек	74
<u>Наговицын Ю.А., Осипова А.А.</u> Геомагнитная активность и межпланетное магнитное поле на разных временных шкалах	75
<u>Низамов Б.А.</u> Оптический континуум в супервспышках на молодых солнцеподобных звёздах	76
<u>Обридко В.Н., Соколов Д.Д., Шельтинг Б.Д., Шибалова А.С., Лившиц И.М.</u> Циклические вариации основных составляющих крупномасштабного магнитного поля	76
<u>Ogurtsov M.G., Jungner H.</u> Solar and ocean variability footprint on climate of Fennoscandia	77
<u>Опарин И.Д., Чариков Ю.Е., Овчинникова Е.П., Шабалин А.Н.</u> Влияние электрон-электронного тормозного излучения на поток и энергетический спектр жёсткого рентгеновского излучения солнечных вспышек	78

<u>Острова Н.В., Астапов И.И.</u> Исследование потока мюонов космических лучей по данным МГ УРАГАН во время корональных выбросов масс, вызванных солнечными вспышками М и X класса в 2009–2018 годах	79
<u>Живанович И., Осипова А.А., Стрекалова П.В., Иванов В.Г.</u> Радиальный профиль магнитного поля солнечных пятен в рекуррентных группах	80
<u>Ковальцов Г.А., Остряков В.М.</u> Ограничения на модели образования гамма-линий в излучении спокойного Солнца	80
<u>Буров В.А., Очелков Ю.П.</u> Прогноз интенсивности солнечных протонных событий с энергиями протонов 10–100 МэВ по рентгеновскому излучению солнечных вспышек	81
<u>Парфименко Л.Д., Ефремов В.И., Соловьев А.А.</u> Особенности тонкой структуры фотосферы при высоком угловом разрешении	82
<u>Pevtsov A.A.</u> DKIST: the present and the future of the largest solar telescope in the world	82
<u>Богод В.М., Петерова Н.Г., Rodrigues R., Sierra P.</u> Результаты наблюдений солнечных затмений на Гаванской радиоастрономической станции. К 50-летию основания ГРС	83
<u>Плотников А.А., Куценко А.С., Yang S., Xu H., Bai X., Zhang H., Кузаян К.М.</u> Калибровка карт продольного магнитного поля для инструмента SMFT	83
<u>Попов В.В., Осожин А.Р.</u> Линейная поляриметрия белой короны	84
<u>Птицына Н.Г., Демина И.М.</u> Вариации солнечной активности и главного магнитного поля земли во втором тысячелетии	85
<u>Птицына Н.Г., Демина И.М.</u> Новая реконструкция солнечной активности в 1000–1700 годах	86
<u>Pustilnik L.A.</u> Hidden Factors and Inner Unpredictability of Stellar and Solar Activity	87
<u>Роденко С.А., Майоров А.Г. от имени коллаборации PAMELA</u> Солнечная модуляция антипротонов в 23/24 циклах солнечной активности	88
<u>Романов Д.В., Романов К.В., Романов В.А., Еселевич В.Г., Еселевич М.В.</u> Формирование предвспышечного сигнала в условиях солнечной хромосферы	89
<u>Сухарев А.Л., Рябов М.И., Событняк Л.И., Безруков В.В., Орбиданс А.А., Блейдерс М.Ю., Панишко С.К.</u> Исследование переменности радиоисточника ЗС 144 (Телец А) на частотах 1.6, 5, 6.1 ГГц при прохождении через свёрхкорону Солнца	90
<u>Рябов М.И., Сухарев А.Л., Событняк Л.И.</u> О свойствах переменности солнечной постоянной как индекса солнечной активности	91

<u>Савина О.Н., Беспалов П.А., Ашина П.Н.</u> Критические пространственно-временные масштабы акустико-гравитационных возмущений неоднородной хромосферы	92
<u>Савченко М.И., Ватагин П.В., Дмитриев П.Б., Огурцов М.Г., Круглов Е.М., Лазутков В.П., Скородумов Д.В., Шишов И.И.</u> Временные и энергетические спектры мягкого рентгеновского излучения солнечной активной области NOAA 1024, зарегистрированного прибором «ПИНГВИН-М» в период глубокого минимума солнечной активности в июле 2009 года	93
<u>Смирнова В.В., Королькова О.А., Соловьев А.А., Живанович И.</u> Наблюдение и моделирование динамических свойств корональных полярных дыр по данным SDO	93
<u>Смирнова В.В., Цап Ю.Т., Моргачев А.С., Моторина Г.Г., Рыжов В.С., Нагнибеда В.Г.</u> Сравнительные характеристики вспышечных событий М-класса по наблюдениям на радиотелескопе РТ-7,5 МГТУ	94
<u>Соколов Д.Д., Юшков Е.В., Фрих П.Г., Лукин А.С.</u> Мелкомасштабное динамо в спектральном представлении и нелинейная стабилизация солнечного динамо	95
<u>Соловьев А.А., Киричек Е.А.</u> Моделирование солнечных факелов	95
<u>Степанов А.В.</u> Терагерцевое излучение Солнца. Достижения и новые вызовы	96
<u>Староженко А.А., Лебедев М.К., Овчинникова Н.Е., Хайкин В.Б.</u> Тестовые режимы слежения РАТАН-600 для наблюдения быстропеременных процессов на Солнце	96
<u>Стрекалова П.В., Соловьев А.А., Смирнова В.В., Наговицын Ю.А.</u> Моделирование колебаний факельных образований на Солнце .	97
<u>Струмминский А.Б., Садовский А.М., Логачев Ю.И., Григорьева И.Ю.</u> Два типа длительных вспышек – солнечные протоны и релятивистские электроны	98
<u>Baolin Tan</u> Radio Precursors of Solar Flares	99
<u>Chengming Tan</u> Observations of MUSER and SBRS	99
<u>Барановский Э.А., Лозицкий В.Г., Лозицкая Н., Таращук В.П.</u> К вопросу о существовании сверхсильных магнитных полей во вспышках	100
<u>Глатов А.Г., Глатова К.А.</u> Полярные и низкоширотные факелы в 23–24 циклах активности	101
<u>Глатов А.Г., Васильева В.В., Сапешко В.И., Скорбеж Н.Н., Глатова К.А., Илларионов Е.А.</u> Создание рядов свойств отдельных солнечных пятен по данным обработки исторических архивов .	101

<u>Тлатов А.Г., Илларионов Е.А., Тлатова К.А.</u> Темные точки, наблюдаемые на фотосфере Солнца, и подсчет индекса солнечных пятен	102
<u>Тлатова К.А., Тлатов А.Г.</u> Биполи, нарушающие законы Джоя и Хейла, в 15-24-х циклах активности	103
<u>Тонев П.Т.</u> Ответ глобальной электрической цепи на солнечные протонные события по наземным измерениям — модельная оценка роли заряда частиц	103
<u>Топчило Н.А., Петерова Н.Г.</u> Измерение угла наклона оси магнитного поля солнечных пятен (метод и результаты)	104
<u>Топчило Н.А., Нагнибеда В.Г., Лукичева М.А., Рыжов В.С.</u> Радиорadius Солнца в мм диапазоне и современные модели хромосферы	105
<u>Туракулов Я.З., Миненко Е.П., Карачик Н.В.</u> Расчет основных параметров магнитной трубки в рамках модели цилиндрически-симметричного равновесного состояния двухкомпонентной плазмы	106
<u>Тясто М.И., Дергачев В.А., Дмитриев П.Б.</u> Проявление циклов солнечной активности в ритмах озерных ленточных глин позднего плейстоцена и современной эпохи	107
<u>Фёдоров В.М.</u> Особенности изменения солярного климата Земли в современную эпоху	108
<u>Филатов Л.В., Мельников В.Ф.</u> Микроволновое излучение вспышечной петли при Ёналичии турбулентности вистлеров	109
<u>Васильев Г.И., Константинов А.Н., Кудрявцев И.В., Огурцов М.Г., Остряков В.М., Павлов А.К., Фролов Д.А.</u> Изотопные следы сжатий гелиосферы, вызванных столкновениями Солнечной системы с плотными межзвездными облаками	109
<u>Фурсяк Ю.А., Абраменко В.И., Куценко А.С.</u> Связь между фотосферными электрическими токами и ультрафиолетовым излучением активной области	110
<u>Холтыгин А.Ф., Батраков А.Ф., Фабрика С.Н., Валеев А.Ф.</u> Минутные колебания на звездах: солнечно-звездные аналоги	111
<u>Цап Ю.Т., Степанов А.В., Копылова Ю.Г.</u> Корональные петли и оптическое излучение вспыхивающих звезд	112
<u>Цап Ю.Т., Исаева Е.А., Копылова Ю.Г.</u> О расщеплении полос на динамических спектрах радиовсплесков II типа	113
<u>Чариков Ю.Е., Шабалин А.Н.</u> Кинетика пучка ускоренных электронов с учетом эффекта испарения вспышечной плазмы	113
<u>Xingyao Chen</u> Spectral and imaging analysis of the solar radio burst observed by MUSER	114
<u>Чернов Г.П., Фомичев В.В.</u> О возможной связи радиовсплесков, похожих на всплески II типа в дециметровом и микроволновом диапазонах, с конечными ударными волнами	115

<u>Шабалин А.Н., Чариков Ю.Е.</u> Миллисекундные спайки рентгеновского излучения в солнечных вспышках: кинематика ускорения и распространения ускоренных электронов	116
<u>Шадрина Л.П., Стародубцев С.А.</u> Геомагнитные бури и Форбуш-понижения ГКЛ в 23 и 24 циклах солнечной активности	117
<u>Шаповалов С.Н.</u> Вариации светимости NUV297–330nm в интервале 24-го цикла солнечной активности по данным наблюдений на ст. Новолазаревская (Антарктида)	118
<u>Шарыкин И.Н., Зимовец И.В.</u> Анализ динамики нагретой плазмы вблизи нейтральной линии магнитного поля по данным ультрафиолетовой обсерватории IRIS для солнечной вспышки SOL2015-06-22 M6.5	119
<u>Шарыкин И.Н., Косовичев А.Г.</u> Статистическое исследование гелиосейсмически активных солнечных вспышек	119
<u>Шатовская А.Н., Григорьева И.Ю.</u> Роль хромосферных и корональных выбросов в развитии солнечных LDE-вспышек в 24 цикле	120
<u>Шендрик А.В., Курочкин Е.А.</u> Методика обработки наблюдений РАТАН-600 для изучения динамики плазменных струй и активности солнечного цикла	121
<u>Миненко Е.П., Шерданов Ч.Т., Карачик Н.В., Ильясов С.П.</u> Локализация и ориентация корональных ярких точек относительно крупномасштабных магнитных полей в 23 цикле	122
<u>Шибанов И.Г.</u> Старая и новая версии ряда чисел Вольфа: согласованность характеристик восстановленной и инструментальной частей рядов	122
<u>Шляпников А.А., Бондарь Н.И., Горбунов М.А., Горбачев М.А.</u> Исследование магнитной активности звёзд – красных карликов по базам данных наземных и космических наблюдений	123
<u>Юлбарисов Р.Ф., Майоров А.Г.</u> Интерпретация измерений 27-дневных вариаций потоков ГКЛ в эксперименте PAMELA при помощи коротирующих областей в межпланетном пространстве	124
<u>Бруевич Е.А., Якунина Г.В.</u> 24-й цикл солнечной активности: геоэффективность вспышек	125
<u>Бруевич Е.А., Казачевская Т.В., Якунина Г.В.</u> Вариации потоков солнечного УФ-излучения (вне вспышек) в линиях HeI и HeII в 24-м цикле активности по данным SDO/EVE	126
Оглавление	127
Список авторов	137

Список авторов

- Абрамов-Максимов В.Е., 3–5
Абунин А.А., 5, 6, 22
Абунина М.А., 5, 6
Алексеев В.В., 7
Алексеева Л.М., 8
Андреева О.А., 8, 9
Анфиногентов С.А., 44
Арльт Р., 22
Асеновски С.Н., 10
Астапов И.И., 79
Ахтемов З.С., 10
Ашина П.Н., 92
- Бабин А.Н., 11
Бакунина И.А., 5, 12
Баранов Д.Г., 20
Барановский Э.А., 100
Батраков А.Ф., 111
Безруков В.В., 90
Белов А.В., 5, 6
Березин И.А., 12
Беспалов П.А., 92
Биленко И.А., 13
Блейдерс М.Ю., 90
Богод В.М., 14, 15, 61, 83
Богомолов Э.А., 18
Бондарь Н.И., 16, 123
Боровик В.Н., 3, 4
Бруевич Е.А., 17, 125, 126
Брумол А.-М., 59, 60, 64
Буров В.А., 17, 81
Бучнев А.А., 23
- Валеев А.Ф., 111
Василенко Т.А., 46
Васильев С.С., 33
Васильев Г.И., 18, 109
Васильева В.В., 101
Ватагин П.В., 56, 93
Веретененко С.В., 18, 19
- Вернова Е.С., 20
Волобуев Д.М., 21
Вольвач А.Е., 26
Вохмянин М.В., 22
- Гайдаш С.П., 5, 6
Георгиева К., 22, 47
Гетлинг А.В., 23, 24
Глобина В.И., 25
Голубчина О.А., 26
Гопасюк О.С., 26
Горбачев М.А., 27, 123
Горбунов М.А., 123
Горшков В.Л., 27
Григорьева И.Ю., 28, 98, 120
Губченко В.М., 29
- Данилова О.А., 30
Данов Д., 30
Демина И.М., 85, 86
Дергачев В.А., 31–33, 65, 107
Дертеев С.Б., 34, 72, 73
Дечев М., 51, 71
Джимбеева Л.Н., 34
Дмитриев П.Б., 35, 36, 93, 107
Довбнич М.М., 46
- Еселевич В.Г., 89
Еселевич М.В., 89
Ефремов В.И., 37, 82
- Живанович И., 37, 38, 80, 93
Жукова А.В., 39, 40
- Загайнова Ю.С., 41
Зимовец И.В., 119
Золотова Н.В., 22
- Иванов В.Г., 41, 80
Игнатов В.К., 27
Илларионов Е.А., 42, 101, 102
Ильясов С.П., 122

- Исаева Е.А., 113
- Казачевская Т.В., 126
- Калинин А.А., 43
- Калинина Н.Д., 43
- Кальтман Т.И., 15, 44, 54, 60
- Карачик Н.В., 106, 122
- Кафтан В.И., 51, 52
- Кацова М.М., 16
- Кашапова Л.К., 39, 59, 64
- Ким И.С., 45
- Кириллов А.К., 46
- Киричек Е.А., 95
- Киров Б., 22, 47
- Кичатинов Л.Л., 48
- Клиорин Н.И., 49, 57
- Князева И.С., 50
- Коваль А.Н., 11
- Ковальцов Г.А., 80
- Колева К., 51, 71
- Колотков Д.Ю., 59
- Комитов Б.П., 51, 52
- Константинов А.Н., 109
- Копылова Ю.Г., 112, 113
- Королькова О.А., 53, 93
- Косовичев А.Г., 119
- Котов В.А., 53
- Крамьнин А.П., 54
- Круглов Е.М., 93
- Крусанова Н.Л., 45
- Крякунова О.Н., 5
- Кудрявцев И.В., 32, 54–56, 65, 109
- Кудрявцева А.В., 59
- Кузаян К.М., 14, 57, 83
- Кузнецов В.Д., 58
- Кузьменко И.В., 54
- Куприянова Е.Г., 59, 60, 64
- Курочкин Е.А., 61, 121
- Куценко А.С., 61, 63, 83, 110
- Куценко О.К., 63
- Кшевецкий С.П., 8
- Лазутков В.П., 93
- Ларионова А.И., 64, 65
- Лебедев М.К., 96
- Лесовой С.В., 14
- Лившиц И.М., 22, 76
- Логачев К.В., 66
- Логачев Ю.И., 98
- Лозицкая Н., 100
- Лозицкий В.Г., 100
- Лукин А.С., 95
- Лукичева М.А., 15, 105
- Лукичева М.В., 44
- Лысенко А.Л., 18
- Майоров А.Г., 67, 88, 124
- Макаренко Н.Г., 7, 21, 50
- Малащук В.М., 8, 9
- Манкаева Г.А., 73
- Мельников В.Ф., 12, 68, 109
- Мендрий Я.В., 46
- Мерзляков В.Л., 68–70
- Мехта Т., 60
- Мешалкина Н.С., 39
- Миненко Е.П., 70, 106, 122
- Митева Р., 30, 39, 71
- Михаляев Б.Б., 34, 72, 73
- Моргачев А.С., 12, 74, 94
- Моторина Г.Г., 74, 94
- Мягкова И.Н., 39
- Нагнибеда В.Г., 94, 105
- Наговицын Ю.А., 47, 65, 75, 97
- Накаряков В.М., 44
- Непомнящих А.А., 48
- Низамов Б.А., 76
- Николаевский Н.Ф., 5
- Обридко В.Н., 19, 22, 76
- Овчинникова Е.П., 18, 25, 78
- Овчинникова Н.Е., 96
- Огурцов М.Г., 18, 19, 65, 77, 93, 109
- Опарин И.Д., 78
- Опейкина Л.В., 3, 4
- Орбиданс А.А., 90
- Осетрова Н.В., 79

- Осин А.И., 58
Осипова А.А., 75, 80
Осокин А.Р., 84
Остриков В.М., 80, 109
Очелков Ю.П., 17, 81
- Павлов А.К., 109
Панишко С.К., 90
Парфиненко Л.Д., 37, 82
Певцов А.А., 82
Петерова Н.Г., 61, 83, 104
Плотников А.А., 83
Попов В.В., 84
Поршнев С., 49
Прямушкина И.И., 5, 6
Птицына Н.Г., 30, 85, 86
Пустильник Л.А., 86
- Радинюк О.А., 66
Рогачевский И.В., 49, 57
Роденко С.А., 88
Романов В.А., 89
Романов Д.В., 89
Романов К.В., 89
Руденко Г.В., 41
Рыжов В.С., 94, 105
Рябов М.И., 90, 91
- Савина О.Н., 92
Савченко М.И., 93
Садовский А.М., 98
Сапешко В.И., 101
Сафиуллин Н., 49
Скорбеж Н.Н., 101
Скородумов Д.В., 93
Смирнова В.В., 74, 93, 94, 97
Собитняк Л.И., 90, 91
Соколов Д.Д., 40, 76, 95
Соловьев А.А., 37, 38, 53, 82, 93, 95,
97
- Старкова Л.И., 68, 70
Стародубцев С.А., 117
Степанов А.В., 96, 112
Стороженко А.А., 14, 96
- Стрекалова П.В., 80, 97
Струминский А.Б., 28, 98
Стушипин А.Г., 15, 44
Сухарев А.Л., 90, 91
- Таращук В.П., 100
Тлатов А.Г., 3, 12, 14, 42, 57, 101–103
Тлатова К.А., 101–103
Тонев П.Т., 103
Топчило Н.А., 104, 105
Трефилова Л.А., 6
Туракулов Я.З., 106
Тухкин И.Ю., 72
Тясто М.И., 20, 30, 107
- Фабрика С.Н., 111
Файнштейн В.Г., 41
Филатов Л.В., 68, 109
Фомичев В.В., 115
Фрик П.Г., 95
Фролов Д.А., 109
Фурсяк Ю.А., 110
Фёдоров В.М., 108
- Хайкин В.Б., 96
Ханейчук В.И., 10
Хлыстова А.И., 40
Холтыгин А.Ф., 111
- Цап Ю.Т., 10, 74, 94, 112, 113
- Чапанов Я., 27
Чариков Ю.Е., 25, 78, 113, 116
Чернов Г.П., 115
- Шабалин А.Н., 25, 78, 113, 116
Шадрина Л.П., 117
Шаповалов С.Н., 118
Шарыкин И.Н., 119
Шаховская А.Е., 28
Шаховская А.Н., 120
Шельтинг Б.Д., 22, 76
Шендрик А.В., 44, 61, 121
Шерданов Ч.Т., 122
Шиббаев И.Г., 122

Шибалова А.С., 76
Шивидов Н.К., 72
Шишов И.И., 93
Шляпников А.А., 27, 66, 123
Юлбарисов Р.Ф., 67, 124
Юшков Е.В., 95
Якубовская И.В., 26
Якунина Г.В., 125, 126
Bai X., 83
Chen X., 114
Dissauer K., 71
Jungner H., 77
Ma S., 67
Rodrigues R., 83
Samwel S.W., 71
Sierra P., 14, 83
Tan B., 98
Tan C., 99
Veronig A., 71
Xu H., 83
Yang S., 83
Zhang H., 83

Подписано в печать 18.09.2019. Формат $60 \times 84^{1/16}$.
Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 9,30. Тираж 160экз. Заказ № 1035..

Отпечатано в Издательстве ВВМ.
198095, Санкт-Петербург, ул. Швецова, 41.