

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
ГЛАВНАЯ (ПУЛКОВСКАЯ) АСТРОНОМИЧЕСКАЯ  
ОБСЕРВАТОРИЯ

**СОЛНЕЧНАЯ  
И СОЛНЕЧНО-ЗЕМНАЯ ФИЗИКА — 2021**

*XXV ВСЕРОССИЙСКАЯ ЕЖЕГОДНАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ  
ПО ФИЗИКЕ СОЛНЦА*

4 – 8 октября 2021 года

Санкт-Петербург  
2021

Сборник содержит тезисы докладов, представленных на XXV Всероссийскую ежегодную конференцию по физике Солнца «Солнечная и солнечно-земная физика — 2021» (4 – 8 октября 2021 года, ГАО РАН, Санкт-Петербург). Конференция проводится Главной (Пулковской) астрономической обсерваторией РАН при поддержке секции «Солнце» Научного совета по астрономии РАН и секции «Плазменные процессы в магнитосферах планет, атмосферах Солнца и 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*).

**О высоте максимума уровня солнечной активности  
XXV цикла и отсутствии правила Гневьшева-Оля  
в объединении четно-нечетных циклов  
в физические пары**

*Абдусаматов Х.И.*

*ГАО РАН, С.-Петербург; e-mail: abduss@gaoran.ru*

Гневьшев и Оля, используя ряд с малой статистикой событий, предложили объединять 11-летние циклы солнечной активности (СА) в отдельные физические пары четный-нечетный благодаря обнаруженной ими статистической связи между их интенсивностями. Однако глобальный квазидвухвековой цикл (КДВЦ), являясь самым интенсивным солнечным циклом, представляет собой основной материнский цикл, управляющим и определяющим физические закономерности развития и вариаций дочернего 11-летнего цикла СА и солнечной постоянной (СП). В период фазы спада интенсивности КДВЦ продолжительность 11-летних циклов СА и СП больше, а высота их максимума и интегральная интенсивность последовательно снижается. Последовательное увеличение интегральной интенсивности и высоты максимума 11-летних циклов при уменьшении их продолжительности наблюдаются в период фазы роста КДВЦ. Амплитуда колебаний уровня СА и продолжительность 11-летних циклов зависят от фазы вариаций КДВЦ. Дочерние 11-летние циклы СА и СП генетически связаны с КДВЦ, диктующим их закономерность развития, продолжительность и интегральную интенсивность. Поэтому правило Гневьшева-Оля является следствием генерации и последовательного роста амплитуды колебаний СА 11-летнего цикла только в периодах фазы роста КДВЦ, а в периодах фазы спада КДВЦ будет наблюдаться обратная, противоположная правилу Гневьшева-Оля, картина. В переходных периодах фаз максимума и минимума с перестройкой режима роста и спада интенсивности КДВЦ могут наблюдаться любые варианты соотношения интенсивностей четно-нечетного цикла. Наблюденное нарушение правила Гневьшева-Оля в 4-5-м и 22-23-м и ожидаемое нарушение этого правила в 24-25-м и 26-27-м циклах является результатом генерации и последовательного спада амплитуды колебаний их активности в период фазы спада КДВЦ. Итак, правило Гневьшева-Оля противоречит физике генерации и развития генетически связанных 11-летних и КДВЦ. В XXV цикле, образовавшегося в эпоху спада КДВЦ, сохранится тенденция падения высоты максимума уровня СА до  $50 \pm 15$  (в старой системе подсчета) или  $85 \pm 25$  (в новой

системе подсчета) единиц относительного числа солнечных пятен, спрогнозированного нами еще в 2007 г. [1].

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

## **Исследование энергетического дисбаланса Земли и климата с поверхности Луны**

*Абдусаматов Х.И.*

*ГАО РАН, С.-Петербург; e-mail: abduss@gaoran.ru*

Научно обоснованное долгосрочное отслеживание изменения климата и прогноз его грядущих глубоких изменений в перспективе должны основываться на высокоточных непрерывных репрезентативных однородных данных о среднегодовом глобальном энергетическом дисбалансе Земли (ЭДЗ), получаемых на постоянной основе в течение многих десятилетий и сотен лет. Это требует создания новых долгосрочных стабильных космических платформ для непрерывного наблюдения за всей поверхностью Земли. Нами разработана Лунная обсерватория (ЛО) – система из двух одинаковых специальных оптических телескопов-роботов апертурой 300 мм с козырьком и многоканальными спектрально-разделенными широкополосными и узкополосными спектроболлометрами (СОТР-300К). СОТР-300К устанавливаются вдоль экваториальной зоны на противоположных краях лимба Луны, на удалении от ее видимого центра на расстоянии  $\pm(80.9 \pm 0.1^\circ)$  [1]. Система СОТР-300К, функционирующая последовательно по единой программе наблюдений в автоматическом режиме как единый телескоп, позволит непрерывно измерять комплекс глобальных климатических параметров: энергий, отраженного Землей части солнечного излучения в спектральной полосе 0.2-4 мкм, и теплового излучения самой планеты в полосах 0.3-3 и 4-50 мкм в ночное время непрерывно в течение более 94% лунных суток. Она также позволит оценить вклад парниковых газов в климатические изменения путем измерения вариации доли энергии теплового излучения поверхности, проходящей непосредственно через атмосферу в космос без промежуточного поглощения и повторного

переизлучения, в спектральной полосе 8-13 мкм окна прозрачности атмосферы. Используемая впервые микроболометрическая матрица в качестве приемника излучения позволит, в частности, впервые исследовать динамику изменения мощности энергии теплового излучения между низкими и высокими широтами – важнейшего климатообразующего процесса. ЛО в течение 12-15 лет позволит определять зависимость среднегодовой мощности ЭДЗ от циклических вариаций солнечной постоянной (СП). Полученная зависимость будет надежным индикатором для реконструкции изменений ЭДЗ за весь период высокоточных измерений СП с 1978 г. Это впервые позволит надежно выявить физические механизмы формирования, причины и закономерности изменения климата на нашей планете на протяжении более 60 лет и разработать наиболее надежные методы его прогнозирования.

- [1] Abdussamatov N.I. Comparative analysis of errors in monitoring the Earth's global energy budget by the Lunar Observatory and orbiters // *Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics*. 2018. V. 54, No. 9, pp. 1318-1329.

## Магнитные поля в корональных дырах на Солнце

*Абраменко В.И.*

*Крымская Астрофизическая Обсерватория РАН, пгт. Научный,  
Крым, Россия; e-mail: vabramenko@gmail.com*

Считается общепринятым, что дипольное магнитное поле Солнца — это поле полярных корональных дыр. Полярные дыры достигают максимального уровня (по площади) в периоды минимумов 11-летнего цикла активности. Сосредоточенный в них магнитный поток подвергается переработке в тороидальное поле за счет дифференциального вращения Солнца. Таким образом, магнитный поток корональных дыр — это один из важнейших инградиентов процесса солнечного динамо. В то же время, прямые измерения магнитного поля на полюсах в настоящее время недоступны. Поэтому любая информация об открытых магнитных полях весьма актуальна. Остаются нерешенными вопросы о том, как открытое магнитное поле полярных корональных дыр эволюционирует в пространстве, перетекает ли магнитный поток с одного полюса на другой? Какова роль изолированных корональных дыр в общем бюджете открытого потока? Присутствует ли открытый поок в зонах замкнутых петель? Обсуждение этих и близких к ним вопросов будет представлено в докладе.

## **Признаки подготовки солнечных вспышек в микроволновом диапазоне**

***Абрамов-Максимов В.Е.<sup>1</sup>, Бакунина И.А.<sup>2</sup>***

<sup>1</sup> ГАО РАН, Санкт-Петербург; e-mail: [beat@gaoran.ru](mailto:beat@gaoran.ru)

<sup>2</sup> НИУ ВШЭ, Нижний Новгород

По данным наблюдений на радиогелиографе Нобеяма и радиополяриметрах Нобеяма исследованы квазипериодические пульсации (КПП) микроволнового излучения ряда активных областей (АО) перед вспышками. В большинстве рассмотренных случаях перед вспышками наблюдается появление (или значительное усиление) флуктуационных процессов. Периоды КПП оказались в различных случаях разные: от 3-х до нескольких десятков минут. При этом длительность предвспышечных цугов колебаний в периодах колебаний во всех случаях оказалась примерно одинаковой и составляет в среднем 5 периодов. Эффект появления КПП перед вспышкой можно интерпретировать как связь между МГД-волнами, распространяющимися вдоль трубки магнитного поля пятна, и началом вспышки, и может рассматриваться как предвестник вспышки.

## **Особенности возрастных потоков электронов магнитосферного происхождения с энергией $>2$ МэВ на геостационарной орбите в 2009 году**

***Абунина М.А.<sup>1</sup>, Шлык Н.С.<sup>1</sup>, Белов А.В.<sup>1</sup>, Абунин А.А.<sup>1</sup>,  
Крякунова О.Н.<sup>2</sup>, Сейфуллина Б.Б.<sup>2</sup>, Ценакина И.Л.<sup>2</sup>***

<sup>1</sup> Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН (ИЗМИРАН), Москва, Троицк;  
e-mail: [abunina@izmiran.ru](mailto:abunina@izmiran.ru)

<sup>2</sup> Дочернее товарищество с ограниченной ответственностью  
«Институт ионосферы», г. Алматы, Казахстан;  
e-mail: [krolganik@yandex.ru](mailto:krolganik@yandex.ru)

В работе исследуются возрастания потоков магнитосферных электронов и сопутствующих явлений в 2009 году, который был очень спокойным: у Земли не было протонных возрастаний и значительных Форбуш-понижений, было зарегистрировано всего четыре магнитные бури. Однако регистрировались возрастания высокоэнергичных магнитосферных электронов: 4 возрастания с максимальным потоком  $>500$  ч/см<sup>2</sup>\*с\*ср, 10 возрастаний с максимальным потоком от 100 до 500 ч/см<sup>2</sup>\*с\*ср. В работе

анализируется связь выделенных возрастных с особенностями межпланетных и геомагнитных возмущений, а также с их солнечными источниками. Отдельно рассматриваются потоки солнечного ветра из корональных дыр, которые не повлекли за собой возрастание потоков электронов.

**Использование результатов супрамолекулярной  
солнечно-земной физики при решении  
космологических проблем. 1. Экспериментальные  
и космологические предпосылки**

***Авакян С.В., Баранова Л.А.***

*Всероссийский Научный Центр «Государственный оптический  
институт им. С.И. Вавилова»,  
Физикотехнический институт им. В.А.Ф. Иоффе РАН,  
Санкт-Петербург, Россия; e-mail: l.baranova@mail.ioffe.ru*

С помощью подходов, развитых в рамках супрамолекулярной солнечно-земной физики, предложено исследовать новые эффекты в межзвёздных молекулярных облаках, возникающие под воздействием двух известных в космологии источников микроволнового излучения: реликтового (фонового) излучения Вселенной и радиовсплеска в диапазоне измерений от  $\sim 21$  до  $3,6$  см, сопровождавшего гамма-/рентгеновский всплеск магнетара 1900-14 27.08.1998 [<http://www.nrao.edu/pr/1998/mzgnetar/>]. Согласно [1], это событие входит в тройку самых выдающихся по величине пика исходной энергии, начиная с 1979 года.

Для межзвёздных газопылевых облаков мы пользуемся моделью, апробированной в Бюраканской астрофизической обсерватории Республики Армения [2] с преобладанием  $H_2$ , для которой характерен диапазон концентраций порядка  $\sim 10^2$ – $10^4$   $cm^{-3}$  [3]. Основным источником ионизации во внутренних частях облака при этом являются космические лучи, которые ионизируют атомы и молекулы водорода с образованием молекулярного иона  $H_3^+$ , инициирующего цепочку ион-молекулярных реакций с образованием простых гидридов (вода, аммиак, метан) [4]. Как и ранее в наших работах по физике окружающей среды и биофизике [5, 6, 7], в проведённом рассмотрении учтён предложенный ранее [8], с. 415, механизм образования надмолекулярных структур при переходе протона в виде полиатомных Ридберговских молекул из прародительских молекул межзвёздных облаков с большим сродством к протону:  $H_2$ ,  $H_2O$  и др. Возникающие в результате молекулярные ассоциаты в ридберговском состоянии на крайне высоких энергетических уровнях очень чувствительны (из-за необычно большой величины электрических дипольных матричных

элементов для переходов между соседними ридберговскими уровнями) к внешнему облучению в микроволновом — начиная уже с миллиметрового, диапазоне. Следовательно, возможно дополнение каналов известного «мазерного эффекта в космосе» при учёте вынужденного (индуцированного) излучения, чувствительного к тепловому равновесному излучению среды с высоковозбуждённых уровней Ридберговских молекул. В космологии Вселенной это — реликтовое излучение (от «Большого взрыва») с энергетическим максимумом как раз в микроволновом диапазоне (от 6 до 0,6 мм).

В работе выполнены квантовомеханические оценки для магнетара от взрыва сверхновой на расстоянии 15000 световых лет с целью показать, что зарегистрированное (в  $\sim 400000$  раз) распытие во времени микроволнового импульса на частотах от 1,4 до 8,4 ГГц по сравнению с гамма-/рентгеновским всплеском связаны, возможно, с вкладом цепи последовательных актов индуцированного испускания в электрических дипольных переходах с ридберговских уровней от  $n \sim 1000$  и до  $n$  в несколько десятков и сотен [9], с. 123. Получено, что наблюдаемое распытие импульса микроволн от магнетара 1900-14 фактически целиком может быть обусловлено задержкой при эстафетном переиспускании индуцированной компоненты при реальных величинах радиационного времени жизни Ридберговских молекул в высоковозбуждённых состояниях. Для этого нами пересчитаны (в рамках модельного подобия, с учётом величин концентраций молекул межзвёздных облаков) результаты квантовомеханических оценок, выполненных и опубликованных при исследованиях по супрамолекулярной физике солнечно-погодноклиматических и биосферных связей). Конкретные результаты получены именно для интервала частот (1,4–8,4 ГГц), который использовался в США в National Radio Astronomy Observatory в Socorro, NM, при регистрации всплесков магнетара 1900-14 местной ночью 27.08.1998 г.

- [1] Степанов А.В., Радиоизлучение магнетаров // Всер. конференция «Наземная радиоастрономия в России. XXI век». 21-25 сент. 2020 г., САО РАН
- [2] Егикян А.Г., Об облучении пыли в молекулярных облаках. 1. // Астрофиз, 2009, 52, 311.
- [3] Ehrenfreund P., Charnley S.B., An. Rev. Astron. Astrophys., 38,427,2000.
- [4] Whittet D.C.B., Dust in galactic environment, Institute of Physics Publishing, Bristol, 2003.
- [5] Авакян С.В., Супрамолекулярная физика окружающей климатологические и биофизические эффекты// Вестник РАН 2017, 87, 458.



- [6] Авакян С.В., Баранова Л.А., Влияние электромагнитного излучения окружающей среды на ассоциатообразование в водных растворах // Биофизика, 2019, 64 1, 12-20.
- [7] Авакян С.В., Баранова Л.А., Микроволновые излучения в онкологии: О возможности торможения злокачественного митоза // Актуал. вопр. биолог. физики и химии, 2020, 5, № 4, 680 -688.
- [8] Gallas J.A.C., Leuchs G., Wallher H., Figger H. Rydberg atoms: high-resolution spectroscopy and radiation interaction — Rydberg molecules // Adv. in Atomic and Molec. Phys. V. 20. P. 413-466. 1985.
- [9] Сороченко Р.Л., Гордон М.А., Рекомбингационные радиолинии. Физика и астрономия. М., ФИЗМАТЛИТ, 2003, 391 с.

**Использование результатов супрамолекулярной  
солнечно-земной физики при решении  
космологических проблем. 2. Модельное описание**

***Авакян С.В., Баранова Л.А.***

*Всероссийский Научный Центр «Государственный оптический  
институт им. С.И. Вавилова»,  
Физикотехнический институт им. В.А.Ф. Иоффе РАН,  
Санкт-Петербург, Россия; e-mail: l.baranova@mail.ioffe.ru*

В проведённом рассмотрении учтён известный механизм [1], с. 415, образования надмолекулярных структур в виде полиатомных Ридберговских молекул из прародительских молекул межзвёздных облаков с большим сродством к протону: H<sub>2</sub>O и др. Возникающие в результате ассоциаты в ридберговском состоянии на очень высоких энергетических уровнях очень чувствительны (из-за необычно большой величины электрических дипольных матричных элементов для переходов между соседними ридберговскими уровнями) к внешнему облучению в микроволновом — начиная уже с миллиметрового, диапазоне. Это вызывает вынужденное (индуцированное) излучение, что дополняет спонтанную эмиссию, за счёт чувствительности к тепловому равновесному излучению среды: в космологии Вселенной это — реликтовое излучение (от «Большого взрыва») с энергетическим максимумом как раз в микроволновом диапазоне (от 6 до 0,6 мм). Представлены квантовомеханические оценки для магнетара от взрыва сверхновой на расстоянии 15000 св. лет [<http://www.nrao.edu/pr/1998/magnetar/>] с целью показа, что зарегистрированное расплывание во времени в ~400000 раз микроволнового импульса на частотах от 1,4 до 8,4 ГГц по сравнению с гамма-/рентгеновским

всплеском продолжительностью 4-5 мин, связано, возможно, с вкладом цепи последовательных актов индуцированного испускания в электрических дипольных переходах с ридберговских уровней от  $n \sim 1000$  и до нескольких десятков и сотен  $n$  [2], с. 123. При этом используется оригинальный подход, развитый в рамках супрамолекулярной физикинадмолекулярных структур, апробированный ранее при решении задач солнечно-погодноклиматических и биосферных связей в [3, 4, 5, 6]. Привлечён предложенный нами ранее [6], в соответствии с уравнением А. Эйнштейна для равновесного (теплового) излучения, учёт испускания микроволнового кванта индуцированного (вынужденного) излучения, способный вызывать задержку на время, соответствующее величине радиационного времени жизни ридберговского электрона на высоковозбуждённом уровне. Действительно, величина времени жизни ридберговского уровня с квантовыми числами  $nl$  очень велика и сильно зависит от орбитального углового момента  $l$  — при невысоких значениях  $l$  время жизни растёт как  $n^3$ , а при больших  $l$  — уже как  $n^5$  [7]. Основным источником ионизации во внутренних частях облака при этом являются космические лучи, которые ионизируют атомы и молекулы водорода с образованием молекулярного иона  $H_3^+$ , инициирующего цепочку ион-молекулярных реакций с образованием простых гидридов (вода, аммиак, метан) [8]. Следует обратить внимание на то что основной процесс, предложенный в схеме [1], основан на оптических экспериментах, выполненных как раз для перечисленных молекул  $H_3$  и трёх гидридов [9]. Радиационное время жизни такой частицы доходит до 10 секунд [10], с. 251. В [6] предложено описывать с учётом возникновения индуцированного излучения (испускания) квантов той же частоты и в том же направлении, что имело микроволновое излучение внешнего происхождения, в дополнение к спонтанному излучению в электрических дипольных переходах с ридберговских состояний с максимумом интенсивности, возникающем при изменениях из  $nl$  в состояние  $n'=l, l'=l-1$  [11], с. 183. Всё это может оказаться, по-видимому, относящимся к роли наших исследований в оценках роли потоков рассматриваемых источников микроволн во Вселенной, поскольку, именно несколько больше чем на порядок меньшая интенсивность спонтанного (обычно и регистрируемого астрофизическими методами) излучения в сравнении с индуцированным, может способствовать реалиям соотношения 1:20 для обычного барионного вещества ( $\sim 4\%$ ) и величины средней плотности энергии для «тёмной энергии» (73 %) [13].

- [1] Gallas J.A.C., Leuchs G., Wallher H., Figger H. Rydberg atoms:Rydberg molecules// Adv. Atom.Mol. Ph. V. 20.413-466. 1985.

- [2] Сороченко Р.Л., Гордон М.А., Рекомбингационные радиолинии. Физика и астрономия. М., ФИЗМАТЛИТ, 2003, 391 с.
- [3] Авакян С.В., Девдариани А.З., Роль ридберговских состояний и микроволнового излучения в тропосферной кластеризации паров воды // Оптический журнал (J. Opt. Tech. OSA). 2016. Т.83. № 5. С.76-78.
- [4] Авакян С.В., Супрамолекулярная физика окружающей климатологические и биофизические эффекты// Вестник РАН 2017, 87, 458.
- [5] Авакян С.В., Баранова Л.А., Биофизика, 2019, 64 1, 12-20.
- [6] Авакян С.В., Баранова Л.А., Актуал. вопр. биол. физики и химии, 2020, 5, № 4, 680 -688.
- [7] Kleppner D., An introduction to Rydberg atoms. Atoms in unusual situations. NATO ASI. ser. B, 1986, V.143, 57-76.
- [8] Dabrowski I., Herzberg G., The electronic emission spectrum of triatomic hydrogen.1.Can. J. Phys.,1980, 1238-1249.
- [9] Егикян А.Г., Об облучении пыли в молекулярных облаках. 1. // Астрофиз, 2009, 52, 311.
- [10] Миронова Г.А., Конден. состояние вещества. Т. 1, М. Физ.фак. МГУ, 2004, 532 с.
- [11] Смирнов Б.М. Возбуждённые атомы. М., Энергоиздат, 1982, 231 с.
- [12] Haroche S., Raimond J.M., Radiative properties of Rydberg states in resonant cavities. Adv. At. Mol. Ph., 1985,V.20, p. 347-411.
- [13] Гнедин Ю.Н., Солнце как физическая лаборатория для поиска частиц тёмной материи//Оптический журнал. 72.8.20-32.2005.

### Вариации асимметрии в 24-м цикле солнечной активности

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

*ФГБУН Крымская астрофизическая обсерватория РАН (КрАО  
РАН), Научный, Крым, Россия; e-mail: olga@crao.crimea.ru*

Идея асимметрии — важная составляющая теории динамо. В классическом подходе, когда речь идет об асимметрии говорят, о количестве пятен, их площади и т.д. В настоящей работе, на основе наблюдательных данных инструмента AIA/SDO в линии железа 19,3 нм, дополнительно исследуется северо-южная асимметрия распределения площадей разных типов корональных дыр. В работе выявлена асимметрия площадей полярных корональных дыр в N- и S-полусферах. Наш результат показывает, что асимметрия — это более глубокое явление, которое проявляется даже

на таких крупных структурах, как открытые магнитные поля, и проявляется она не только через 11 лет, а и в режиме реального времени, по ходу цикла.

### **Эволюционные характеристики активных и спокойных образований в двух уровнях атмосферы Солнца**

*Андреева О.А.*

*ФГБУН Крымская астрофизическая обсерватория РАН (КрАО РАН), Научный, Крым, Россия; e-mail: olga@crao.crimea.ru*

Исследования основаны на двух видах наблюдений Солнца, полученных в Обсерватории Китт Пик почти за три цикла солнечной активности. Это синоптические карты фотосферных магнитных полей и наблюдения хромосферы Солнца в линии He I 1083 нм. Интервал наблюдений январь 1977 г. – сентябрь 2003 г. Исследуя два вида этих синоптических карты мы надеялись найти общие моменты и различия в динамике явлений, происходящих в двух слоях атмосферы Солнца. В результате сопоставления дифференциальности вращения фотосферных магнитных полей и солнечных образований в хромосфере, были выявлены следующие эволюционные характеристики: Как вращение магнитных полей слабой и сильной напряженности, так и вращение хромосферных структур существенно различаются по набору значимых периодов вращения, по их широтному распределению и северо-южной асимметрии вращения. Для обоих слоев атмосферы Солнца характерно наличие одного и того же периода вращения для выбранного вида образования на разных широтах и разные периоды присутствуют на одной широте. Дифференциальность вращения для сильных магнитных полей в 3 и более раз превышает дифференциальность вращения хромосферных солнечных образований. Для слабых магнитных полей и корональных дыр разница в дифференциальности вращения менее выражена.

**О связи солнечной активности с эволюцией  
напряженностей магнитных полей пятен  
по измерениям на БСТ-2 КраО: циклы 22–24**

*Азтемов З.С., Цап Ю.Т., Малащук В.М.*

*Крымская Астрофизическая Обсерватория РАН, пос. Научный,  
Крым, Россия; e-mail: azis@crao.crimea.ru*

На основе визуальных спектральных наблюдений расщепления зеемановских компонент линии Fe I 6302.5 Å, проведенных на Башенном солнечном телескопе (БСТ-2) КраО РАН, исследована эволюция максимальных значений магнитного поля солнечных пятен с 22-го по начало 25-го цикла активности Солнца (1990-2021 гг.), напряженность которых  $\geq 1500$  Гс. Значения магнитного поля и чисел Вольфа усреднялись за различные промежутки времени — год, полгода и четверть года. Полученные таким образом временные ряды сглаживались методом скользящего среднего (Adjacent-Averaging). Коэффициент корреляции Пирсона за период с 1990 по 2008 гг. в среднем оказался равным  $0.85 \pm 0.10$ , тогда как за период с 2009 по 2019 гг. его значение составило  $0.21 \pm 0.16$ . В 21 и 23 циклах солнечной активности (1990 – 2008 гг.) магнитное поле пятен со временем менялось циклически с амплитудой в несколько сот гаусс, достигая максимальных значений в пике каждого цикла, хотя синхронность не являлась абсолютной. Между тем к концу 24-го цикла активности Солнца усредненная напряженность магнитного поля пятен монотонно слабо росла, тогда как значения чисел Вольфа монотонно убывали и стремились к нулю. Результаты свидетельствуют о возможном сбое работы механизма образования пятен и пор на фазе спада 24 цикла.

**Анализ предвспышечной фазы эруптивных  
и неэруптивных вспышек по данным  
о пространственной динамике корональных магнитных  
структур и их микроволнового  
и ультрафиолетового излучений**

*Бакунина И.А.<sup>1</sup>, Мельников В.Ф.<sup>2</sup>,  
Абрамов-Максимов В.Е.<sup>2</sup>, Моргачев А.С.<sup>3</sup>, Шаин А.В.<sup>2</sup>*

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

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

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

Поиск наблюдательных признаков начала эруптивного процесса – коронального выброса массы (КВМ) – на основе данных радиогелиографа Нобеяма, РАТАН-600 и SDO/AIA, SDO/HMI выявил как общие черты, так и характерные особенности предвспышечной фазы эруптивных и неэруптивных (confined) вспышек рентгеновского класса М. При этом нами исследовано 12 активных областей: шесть эруптивных и шесть confined. Для событий обоих классов в предвспышечной фазе характерно появление скрещивающихся петель в крайнем ультрафиолетовом диапазоне (КУФ), так называемых «Х-структур». Именно здесь наблюдается наиболее яркое радиоизлучение и инициируется вспышка класса М. Для предвспышечной фазы эруптивных событий характерны большие размеры как самих Х-структур, так и радиоисточников, проецирующихся на них. Кроме этого наблюдаются более существенные изменения спектра в коротковолновой части. В данной работе мы провели сравнение обнаруженных свойств микроволнового и ультрафиолетового излучений с пространственной динамикой магнитных структур на корональных высотах. Для этого проведено восстановление магнитного поля в нелинейном бессиловом приближении на основе привлечения векторных магнитограмм SDO/HMI.

**Сравнение синоптических карт и результатов  
моделирования солнечного ветра по данным  
магнитографа СТОП и других магнитографов полного  
диска Солнца**

**Березин И.А., Тлатов А.Г.**

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

Для моделирования параметров солнечного ветра и распределения магнитного поля в гелиосфере необходимы синоптические карты fotosферного магнитного поля. В данной работе выполнено сравнение синоптических карты и результаты моделирования коронального магнитного поля, полученного с помощью модели PFSS в период 24-го и начала 25-го циклов активности. Мы используем пять вида синоптических карт магнитографов HMI/SDO, SOLIS, GONG, WSO и магнитограф СТОП. Качественное сходство между различными видами карт наблюдается в области низких широт, но полярные поля имеют заметные различия. На основе модели WSA выполнено сравнительное моделирование скорости солнечного ветра, и конфигурации и площадей корональных дыр. Показано, что использование данных сети наземных магнитографов GONG приводит к наихудшим результатам из рассмотренных. Ошибки в расчёте солнечного ветра могут быть вызваны ошибками в наблюдении магнитного поля на полюсах, поэтому существенное влияние на результаты может оказывать выбор схемы полярной коррекции синоптических карт. Для проверки этого предположения были рассмотрены разные схемы полярной коррекции.

**Влияние коллективных процессов в средней  
магнитосфере Юпитера на диффузию релятивистских  
электронов поперек магнитных оболочек**

**Беспалов П.А.<sup>1</sup>, Савина О.Н.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород;  
e-mail: pbespalov@mail.ru*

<sup>2</sup>*Национальный исследовательский университет «Высшая школа  
экономики», Нижний Новгород; e-mail: onsavina@mail.ru*

Проанализирована взаимосвязь микропроцессов, ответственных за взаимодействие волн и частиц, и глобальной радиальной диффузии релятивистских электронов в магнитосфере Юпитера. Отмечено влияние эффекта глобального резонанса в электронных радиационных поясах на

кольцевой ток, представляющий собой источник своеобразных электромагнитных импульсов в средней магнитосфере. Определены величины связанных с этими импульсами случайных переносов энергичных электронов поперек магнитных оболочек. Получено выражение для коэффициента радиальной диффузии. Функциональный вид и величина коэффициента радиальной диффузии сопоставлены с известными для магнитосферы Юпитера экспериментальными данными.

Работа П.А. Беспалова выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 20-12-00268).

### **Влияние снижения общего магнитного поля Солнца в 24 цикле на условия формирования и параметры корональных выбросов массы**

*Биленко И.А.*

*Государственный астрономический институт имени П.К.  
Штернберга Московского государственного университета имени  
М.В. Ломоносова, Москва; e-mail: bilenko@sai.msu.ru*

Состояние солнечной короны и межпланетной среды определяются постоянным истечением потоков плазмы солнечного ветра, регулируемых солнечными магнитными полями различного пространственного и временного масштаба. В 24 цикле наблюдается снижение общего магнитного поля Солнца по сравнению с 21 и 22 циклами с высокой солнечной активностью, и с низким 23 циклом. Снижение наблюдаемого магнитного поля явилось результатом уменьшения как полярного, так и не полярного магнитных полей, являющихся видимым проявлением циклических вариаций полоидальной и тороидальной компонент общего магнитного поля Солнца. Это привело, также, к изменению параметров корональной плазмы и характеристик межпланетной среды, что оказало большое влияние на условия формирования и распространения корональных выбросов массы (КВМ) и значения их параметров.

На основе данных наблюдений обсерваторий Kitt Peak, WSO и SOHO/MDI проанализированы и сопоставлены циклические изменения магнитных полей в 23 и 24 циклах. Для анализа вариаций числа и параметров КВМ использован каталог CDAW SOHO/LASCO. Рассмотрены сходства и различия в динамике КВМ с разными параметрами в 23 и 24 циклах. Получены зависимости изменения числа и параметров КВМ от значений магнитного поля.

Результаты свидетельствуют, что снижение величины общего магнитного поля Солнца и изменение структуры крупномасштабного магнитного



поля в 24 цикле привели к значительному росту общего числа КВМ. Однако циклические вариации числа и параметров разных типов КВМ имеют разный характер.

### **Панорамный спектральный комплекс для микроволновых наблюдений в диапазоне 1–3 ГГц**

***Богод В.М., Лебедев М.К., Рипак А.М.***

*Специальная астрофизическая обсерватория РАН, СПбФ САО  
РАН; e-mail: vbog\_spb@mail.ru*

Все многообразие проявлений излучения плазмы солнечной короны требует инструментария с высоким спектральным разрешением в широком диапазоне радиоволн. При этом важен одновременный анализ как слабых проявлений на уровне спокойного Солнца до мощных вспышечных извержений, так и анализ длительных колебаний до сверхкоротких излучений корональных струй и квазипериодических пульсаций (КПП). С другой стороны, является актуальным изучение процессов магнитного перезамыкания в вершинах арочных структур в короне [Nakariakov, et. al. 2018, DOI:10.3847/1538-4357/aabfb9], которые создают возмущения солнечного ветра и корональные выбросы масс, воздействующие на около земные процессы Космической погоды.

Радиотелескоп РАТАН-600 является удобным инструментом для таких исследований [Bogod, 2020, DOI:10.26119/978-5-6045062-0-2\_2020\_399]. Сочетание большой эффективной площади в этом инструменте при одновременном получении детального спектра интенсивности и поляризации в широком диапазоне волн делает его актуальным для большого ряда задач солнечной радиоастрономии.

Важными параметрами для исследования радиоизлучения Солнца на РАТАН-600 становятся: (i) внедрение в регулярную эксплуатацию методов расширяющих временной диапазон наблюдений (от 1 мсек до 4 часов) путем использования технологии азимутальных наблюдений [Storozhenko, et. al., 2020, DOI:10.26119/978-5-6045062-0-2\_2020\_407]. (ii) применение высокоскоростных методов регистрации, которые будут способствовать получению новых данных по частотно-временной структуре солнечных образований КПП (квази-периодические пульсации), солнечных струй в активных областях и др.; (iii) дополнительно, усилению эффективности наблюдений будет способствовать новая методика чистки промышленных помех с помощью высокоскоростной регистрации [Lebedev, et al., 2020, DOI:10.26119/978-5-6045062-0-2\_2020\_399].

Сообщается о первых результатах солнечных наблюдений с новым спектральным комплексом с относительным спектральным разрешением  $10^{-4}$ – $10^{-5}$  с панорамным перекрытием дециметрового диапазона (1–3 ГГц). Этот диапазон является оптимальным для изучения процессов, происходящих в верхних слоях короны, в которых еще сохраняется петельная структура магнитных полей.

Ввиду важности таких исследований, на РАТАН-600 сегодня реализуются методы длительного и точного сопровождения источника радиоизлучения.

Работа выполняется в рамках госзадания САО РАН на период 2020–2022 гг.

- [1] Nakariakov, V. M.; Anfinogentov, S.; Storozhenko, A. A.; Kurochkin, E. A.; Bogod, V. M.; Sharykin, I. N.; Kaltman, T. I., Quasi-periodic Pulsations in a Solar Microflare; *Astrophys. J.*, V.859, I.2, article id. 154, 8 pp., 2018, <https://doi.org/10.3847/1538-4357/aabfb9>
- [2] V. M. Bogod, Prospects for Ground-Based Solar Radio Astronomy in Russia, *Proceedings of the All-Russian Conference “Ground-Based Astronomy in Russia. 21st Century”* pp.399-404, DOI:10.26119/978-5-6045062-0-2 2020 399
- [3] Storozhenko, M. Lebedev, N. Ovchinnikova, V. Bogod, V. Khaikin, A. Ripak, A. Pervakov, and A. Grechkin, The Tracking Mode for the RATAN-600 Southern Sector with the Periscope, *Proceedings of the All-Russian Conference “Ground-Based Astronomy in Russia. 21st Century”* ,pp.407-408, DOI:10.26119/978-5-6045062-0-2 2020 407
- [4] M.K.Lebedev, A.M.Ripak, V.M.Bogod High-Speed Spectroradiometry using a Statistical Method of RFI Suppression for Radio Observations with RATAN-600, *Proceedings of the All-Russian Conference “Ground-Based Astronomy in Russia. 21st Century”* pp.413-416, DOI:10.26119/978-5-6045062-0-2 2020 399

**Анализ активности звезды VE Set — аналога  
молодого Солнца**

***Бондарь Н.И.<sup>1</sup>, Кацова М.М.<sup>2</sup>***

<sup>1</sup> *Крымская астрофизическая обсерватория РАН, п. Научный;  
e-mail: otbn@mail.ru*

<sup>2</sup> *Государственный астрономический ин-т им. П.К. Штернберга  
МГУ им. М.В. Ломоосова*

Рассматривается циклическая и вспышечная активность звезды VE Set (G2.5V), физические параметры которой сравнимы с параметрами Солнца. Приведены данные о циклах хромосферной и фотосферной активности, полученные по многолетним наблюдениям. Сведения о вспышечной активности дополнены результатами, полученными по фотометрическим обзорам. Выполнен сравнительный анализ уровня активности звезды, возраст которой не превышает 600 Млрд лет, с солнечной активностью и звездами солнечного типа.

**Влияние температуры и плотности верхних слоев  
конвективной зоны на спектр гамма-квантов во время  
солнечных вспышек**

***Васильев Г.И.***

*ФТИ им. А.Ф.Иоффе РАН, Санкт-Петербург;  
e-mail: gennadyivas@gmail.com*

В период с 2006 по 2015 гг. в космических экспериментах PAMELA и AMS2 зарегистрированы ускоренные во время более чем в 30 солнечных вспышек протоны [1]. Только во время одной из них зарегистрирована в гамма-линия 2.223 МэВ. Эта линия образуется при взаимодействии замедленных нейтронов с протонами с образованием дейтронов. Число упругих рассеяний нейтрона до его захвата зависит от температуры окружающей среды. Время от образования нейтрона до его захвата в среде с малой плотностью становится соизмеримым с временем жизни. Распад нейтронов приводит к уменьшению числа образующихся гамма-квантов. Толща солнечной атмосферы много меньше длины пробега ядерного взаимодействия протонов и нейтронов. Поэтому спектр гамма-излучения формируется в верхних слоях конвективной зоны.

[1] Vasil'ev G.I., Bogomokov E.A. // Geomagn. Aeron., 2020, v. 60, p. 958.

## Эффекты солнечных протонных событий января 2005 года в циркуляции средней атмосферы южного полушария

*Веретененко С.В.*

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

В работе [1] было обнаружено, что солнечные протонные события (СПС) января 2005 г. сопровождались значительным усилением западных ветров в средней атмосфере высоких широт северного полушария, что свидетельствовало об интенсификации стратосферного полярного вихря. В настоящей работе исследуются эффекты указанных событий в циркуляции средней атмосферы южного полушария по данным реанализа-2 NCEP-DOE [2]. Обнаружено, что возмущения циркуляции, наблюдаемые в ходе исследуемых СПС в южном полушарии, характеризуются четко выраженной высотной зависимостью. В верхней стратосфере (30-10 гПа), где в летний период (декабрь-февраль) на всех широтах доминирует восточный перенос воздушных масс, имело место заметное ослабление зональных восточных ветров в области умеренных и высоких широт (выше 40°S) и усиление в низких. В нижней стратосфере (100-50 гПа), в отличие от верхней, циркуляция в летние месяцы характеризуется наличием восточного переноса в полярных и низких широтах, при этом в умеренных широтах (30-55°S) наблюдается достаточно сильный западный перенос. В ходе исследуемых СПС в нижней стратосфере обнаружено ослабление восточных ветров в области широт выше 60°S, а также смещение максимума зонального западного потока на 10° в сторону южного полюса. Возможной причиной ослабления восточных ветров в верхней стратосфере являются изменения ее температурного режима, что может быть обусловлено изменениями химического состава (уменьшением содержания озона) в связи с увеличением скорости ионизации в ходе СПС.

- [1] Veretenenko S.V., Ogurtsov M.G. // Geomagn. Aeron., 2020, v. 60, p. 974.  
[2] Kanamitsu M. et al. // Bull. Amer. Meteorol. Soc., 2002, v. 83, p. 1631.

## Потоки магнитных полей в фотосфере Солнца

*Вернова Е.С.<sup>1</sup>, Тясто М.И.<sup>1</sup>, Баранов Д.Г.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *СПбФ ИЗМИРАН, С.-Петербург; e-mail: d.baranov@bk.ru*

<sup>2</sup> *Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе, С.-Петербург;  
e-mail: d.baranov@mail.ioffe.ru*

Проведено исследование распределения магнитных полей положительной и отрицательной полярностей по солнечной поверхности. Использовались синоптические карты фотосферного магнитного поля Национальной Солнечной Обсерватории Китт Пик за 1976–2016 гг. Были рассмотрены диаграммы широта-время для магнитных полей разной напряженности. Для выделения слабых магнитных полей на каждой синоптической карте были оставлены без изменения только пиксели с напряженностью поля  $|B| < 5$  Гс, а поля  $B > 5$  Гс и  $B < -5$  Гс были заменены предельными значениями  $+5$  Гс или  $-5$  Гс соответственно. Преобразованные таким образом синоптические карты были использованы для построения диаграммы широта-время, на которой подавлено влияние сильных полей (отсутствуют бабочки Маундера), благодаря чему проявляется картина распределения слабых полей. На диаграмме видны наклонные полосы, связанные с потоками магнитных полей разной полярности, дрейфующими по направлению к полюсам Солнца. С потоками типа Rush to the Poles связаны переплюсовки полярного поля Солнца. В каждом из полушарий потоки RTTP имеют ту же полярность, что и хвостовые пятна, и ширину около трех лет.

Другой вид потоков наблюдается в виде более узких наклонных полос, образованных поочередно полями положительной и отрицательной полярности, дрейфующими от экватора к полюсам. Мы рассмотрели свойства этих потоков (surges) и их связь с изменениями полярного поля. Чередование потоков разной полярности происходит в период от одного RTTP до следующего RTTP, в основном в том полушарии, где полярное поле положительно. Эффект поочередного доминирования одной из полярностей отчетливо проявляется в слабых полях  $B < 15$  Гс и отсутствует для полей  $B > 50$  Гс. Получены оценки периодов циклических изменений полярности потоков, наблюдавшихся в 1976–2016 гг. Смена знака потоков происходит с периодом 1–3 г., что указывает на возможную связь с квазидвухлетними вариациями (QVO).

### **Форма 11-летнего цикла по числу пятен и полярным факелам**

*Волбуев Д.М.*

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

Задача параметризации формы семейства солнечных циклов является классической и обычно решается аппроксимацией при помощи задания аналитической формы известных статистических распределений, где

в качестве плотности вероятности выступает амплитуда цикла  $a$  в качестве переменной — время. В данной работе мы используем предложенную нами ранее параметризацию с использованием распределения Максвелла для аппроксимации новой версии числа Вольфа, площадей пятен и числа полярных факелов, уточняя параметры циклов и известные рекуррентные зависимости.

### Масштабы течений в конвективной зоне Солнца по гелиосейсмологическим данным

*Гетлинг А.В.<sup>1</sup>, Косовичев А.Г.<sup>2</sup>*

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

<sup>2</sup> *Технологический институт штата Нью-Джерси, Ньюарк, США;  
e-mail: alexander.g.kosovichev@njit.edu*

Подповерхностные скорости в конвективной зоне Солнца, определенные методами пространственно-временной гелиосейсмологии, используются для изучения пространственных масштабов течений. Исходные данные получены инструментом Helioseismic and Magnetic Imager (HMI) на борту орбитальной Обсерватории солнечной динамики (SDO) с мая 2010 г. по сентябрь 2020 г. В работе используются результаты гелиосейсмологической обработки — найденные с 8-часовой временной каденцией поля скоростей в подфотосферном слое глубиной 19 Мм в диапазонах широт и отсчитываемых от центрального меридиана долгот от  $-60^\circ$  до  $+60^\circ$ . Масштабы конвективных течений исследуются путем разложения поля дивергенции горизонтальной составляющей скорости по сферическим гармоникам. Пространственные спектры мощности показывают нарастающие характерных масштабов течений с глубиной, причем разномасштабные течения сосуществуют. Самые крупные масштабы приближаются к значениям, соответствующим гигантским ячейкам солнечной конвекции. Степень и порядок гармоники главного спектрального максимума в самых глубоких слоях имеют близкие значения, т.е. гармоники эти близки к секториальным. Это указывает на возможное присутствие ячеек, вытянутых в меридиональном направлении и имеющих заметно меньшие долготные размеры, чем широтные.

## Вариации зональных и меридиональных течений в 24 цикле солнечной активности

*Гетлинг А.В.<sup>1</sup>, Косовичев А.Г.<sup>2</sup>, Чжао Цзюньвэй<sup>3</sup>*

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

<sup>2</sup> *Технологический институт штата Нью-Джерси, Ньюарк, США;  
e-mail: alexander.g.kosovichev@njit.edu*

<sup>3</sup> *Лаборатория экспериментальной физики имени В.В. Хансена,  
Стэнфордский университет, Стэнфорд, США*

Азимутальные и меридиональные скорости подфотосферных слоев Солнца, найденные методами пространственно-временной гелиосейсмологии на основе данных инструмента Helioseismic and Magnetic Imager (HMI) орбитальной Обсерватории солнечной динамики (SDO) за период с мая 2010 г. по сентябрь 2020 г., используются для изучения пространственно-временных вариаций солнечного дифференциального вращения и меридиональной циркуляции. Данные относятся к широтам и отсчитываемым от центрального меридиана долготам от  $-60^\circ$  до  $+60^\circ$  и глубинам приблизительно до 19 Мм под фотосферой. Найдено, что картина крутильных колебаний, или миграции чередующихся широтных поясов «быстрых» и «медленных» зональных течений от высоких широт к экватору, имеет период, близкий к удвоенному циклу солнечной активности («расширенный» солнечный цикл). Вариации зональной скорости связаны с уровнем солнечной активности. Отмечены возрастания скорости, соответствующие возрастаниям числа солнечных пятен и локализованные на широтах, где наблюдаются самые сильные магнитные поля. Значительный рост зональных скоростей в 2018 г. выглядит как предвестник начала 25-го цикла активности. Другим предвестником можно считать существенную симметризацию поля зональных скоростей к 2020 г. Общая картина миграции меридиональных потоков, направленных к полюсам, модулируется широтными вариациями, сходными с поведением зональных течений в расширенном солнечном цикле. Вблизи максимума активности на эти вариации накладывается высшая гармоника, соответствующая меридиональным течениям, сходящимся к широтам пятнообразования.

**Пакет программ для расчёта траекторий заряженных  
космических лучей в электромагнитных полях  
в космическом пространстве**

*Голубков В.С., Майоров А.Г.*

*Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,  
Москва; e-mail: vlad10433@mail.ru*

Космические лучи всё время своего существования находятся под влиянием электромагнитных полей, заполняющих космическое пространство: от магнитных полей планет и звёзд, включая Солнце, к магнитным полям остатков сверхновых, галактик и межгалактического пространства. Поэтому для описания процесса их распространения от источника к наблюдателю требуется включать в рассмотрение электромагнитные поля. Сделать это можно разными способами.

В работе приводится описание созданного пакета программ для трассировки заряженных частиц в электромагнитном поле по методу частица-в-ячейке и схеме Бунемана-Бориса [1]. Метод был разработан специально для решения уравнений движения частиц в плазме и оказывается удобен для применения в физике космических лучей.

Реализованный подход применён для описания движения частиц в магнитосфере Земли, где различными способами проверена надёжность его работы [2]. Так, проверено сохранение инвариантов движения захваченной частицы, обратимость решения и сохранение энергии частицы, воспроизведены известные физические эффекты. Сегодня разработанный пакет программ применяется для анализа данных, полученных в эксперименте РAMELA [3], изучения распространения космических лучей в межпланетном пространстве в разные фазы солнечного цикла и для решения других задач.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 19-72-10161).

- [1] Vay J.L. // Phys. Plasmas 15 056701, 2008.
- [2] Golubkov V.S. // Bull. Russ. Acad. Sci.: Phys., 2021, v. 85, p. 383.
- [3] Adriani O., Barbarino G.C., Bazilevskaya G.A., et al. // Riv. Nuovo. Cim, 2017, v. 40, n. 10, p. 473.



## Основные физические характеристики радиоизлучения полярных корональных дыр на Солнце

*Голубчина О.А.*

*СПб филиал Специальной Астрофизической Обсерватории,  
Санкт-Петербург; e-mail: golubchina\_olga@mail.ru*

Основные физические характеристики радиоизлучения полярных корональных дыр на Солнце

В статье представлен краткий обзор основных результатов наблюдений радиоизлучения полярных корональных дыр на Солнце, полученных в широком диапазоне длин волн (м-мм) на различных радиотелескопах. Дан анализ результатов наблюдений на РАТАН-600 полярной корональной дыры (КД) в широком сантиметровом диапазоне длин волн (1.03-30.7) см. Полученные физические характеристики КД над Северным полюсом Солнца сравниваются с характеристиками КД, расположенными в более низких широтах[1].

- [1] Golubchina O. A. // *Geomagnetism and Aeronomy*, 2017, v. 57, No. 8, p. 964.

## Скорости магнитного пересоединения в компактной вспышке класса X

*Гопасюк О.С., Вольвач А.Е., Якубовская И.В.*

*ФГБУН КрАО РАН, Научный, Республика Крым;  
e-mail: olg@crasrimea.ru*

Мы провели комплексное исследование трехленточной вспышки X2.2 6 сентября 2017 года в активной области NOAA 12673 с использованием данных Atmospheric Imaging Assembly (AIA) и Helioseismic and Magnetic Imager (HMI) установленных на Solar Dynamics Observatory (SDO) и радиоастрономического диагностического комплекса солнечной активности КрАО РАН (KRIM) [1]. Вспышка X2.2 характеризуется формированием трех лент: квазиколецевой и вытянутыми внутренней и внешней (удаленной). Кольцевая лента освещалась последовательно по часовой стрелке. Удаленная лента находилась в области с той же магнитной полярностью, что и центральная. Суммарный магнитный поток пересоединения по данным в полосе  $1600 \text{ \AA}$  составил  $5.8 \cdot 10^{21} \text{ Мх}$ , что соответствует, примерно, 10% общего магнитного потока активной области. Максимальная скорость

магнитного пересоединения составила  $1.49 \cdot 10^{19}$  Мх/с. Исследовано время наступления пиков микроволнового излучения. Для основного пика временная задержка при переходе от более высоких к более низким частотам сантиметрового диапазона длин волн составила около 12 секунд, а при переходе от сантиметрового диапазона к метровому – 23 секунды.

- [1] Volvach A.E., Yakubovskaya I.V. // Astronomical and Astrophysical Transactions, 2019, v. 31, No. 2, p. 389.

**Исследование активности красного карлика  
EXO 040830-7134.7 по данным наблюдений  
обсерватории TESS**

*Горбачев М.А.<sup>1,2</sup>, Шляпников А.А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Крымская астрофизическая обсерватория РАН, Научный, Крым;  
e-mail: mark-gorbachev@rambler.ru*

<sup>2</sup>*Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань;  
e-mail: aas@crasrimea.ru*

В докладе представлен анализ оптических наблюдений красного карлика с обнаруженным необычным рентгеновским излучением. Сообщение проиллюстрировано кривыми блеска объекта, распределениями числа вспышек от осевого вращения звезды и по рассчитанной энергии.

Источник рентгеновского излучения EXO 040830-7134.7 был отождествлен со звездой — карликом спектрального типа M0 и звездной величиной в полосе  $V = 12^m.5$ . Всего было проведено 30 наблюдений этого источника с помощью телескопа низких энергий Exosat в течение двух лет. Во время двух наблюдений источник был почти в 3 раза ярче среднего. Кроме того, во время одного наблюдения было обнаружено, что источник был в 7 раз ярче среднего в течение как минимум двух часов. Если это увеличение было связано со вспышкой на звезде, то полный поток и типичное время повторения вспышки указывали на то, что объект отличался от сильных рентгеновских вспышек, наблюдаемых у других звезд типа UV Кита.

EXO 040830-7134.7 представляет большой интерес, как звезда, мало изученная в оптическом диапазоне спектра. В работе используются наблюдения, выполненные обсерваторией TESS, которая открывает новые возможности для более глубокого исследования этого объекта, включая особенности его магнитной активности.

Мы представляем анализ 23 сетов наблюдений данного объекта по данным орбитальной обсерватории TESS с июля 2018 по апрель 2021 года. За этот период зафиксировано более 50 вспышек различной амплитуды. Энергия одной из наиболее мощных вспышек составила  $6.5 \cdot 10^{34}$  Эрг.

В работе приведены значения энергии отобранных вспышек и продемонстрированы наиболее типичные из них. Исследована зависимость вспышечной активности от фазы осевого вращения звезды. Приведены гистограммы распределения числа вспышек и их энергии в зависимости от фазы.

Представляемая работа частично поддержана грантом РФФИ № 19 – 02 – 00191.

**Импульсная вспышка C7.2 22 декабря 2009 года  
без хромосферных эффектов  
в минимуме солнечной активности**

***Григорьева И.Ю.<sup>1</sup>, Струминский А.Б.<sup>2</sup>, Шаховская А.Н.<sup>3</sup>***

<sup>1</sup> *Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,  
С.-Петербург; e-mail: irina.2014.irina@mail.ru*

<sup>2</sup> *Институт космических исследований РАН, Москва;  
e-mail: astrum@iki.rssi.ru*

<sup>3</sup> *Крымская астрофизическая обсерватория РАН, Республика Крым,  
пгт. Научный; e-mail: anshakh@mail.ru*

Минимумы солнечной активности, когда уровень электромагнитного излучения низок, предоставляют возможность изучать явления, скрытые под фоном солнечного излучения характерным для максимумов. Для обнаружения таких явлений была выбрана импульсная вспышка C7.2 22 декабря 2009 года, связанная с KBM и II типом радиоизлучения. Ее отличительной особенностью было опережение максимума меры эмиссии (EM) относительно максимума температуры (T) в мягком рентгеновском излучении (GOES), что не укладывается в „стандартную модель“ солнечной вспышки. Также в ней радиоизлучение „началось“ с частоты RSTN 1.415 ГГц (более высоких частот не наблюдалось) и распространилось далее в корону.

Наше исследование показало, что в этом событии было, по крайней мере, два эпизода нагрева вспышечной плазмы (два максимума T), которые четко коррелировали с двумя всплесками жесткого рентгеновского излучения (канал 25-50 кэВ RHESSI). Максимум EM был между 1-ым и 2-ым максимумами T, то есть он был результатом первого эпизода нагрева. Ключом к пониманию второго эпизода нагрева является KBM, который

наблюдался на SOHO/LASCO\_C2 со средней скоростью 346 км/с. До такой скорости он мог быть ускорен за 90 с между 1-ым максимумом Т и максимумом ЕМ. В этом случае второй эпизод нагрева соответствует постэруптивной фазе вспышки. Отсутствие гиротронного излучения мы связываем с развитием вспышки на высотах малой плотности и слабого магнитного поля. В таких условиях рост ЕМ вызван увеличением объема излучающей плазмы, а не её концентрации за счет хромосферного испарения. Проведено сравнение полученных результатов с характеристиками импульсной вспышки M2.9 6 июля 2012 года [1] без КВМ и без радиоизлучения на частотах RSTN ниже 1.415 ГГц [2], [3].

- [1] Altyntsev, A., Meshalkina, N., Myshyakov, I., et al. // Sol. Phys., 2017, v. 292, no. 9, p. 137.
- [2] Струминский А.Б., Григорьева И.Ю., Логачев Ю.И. и др. // Геомагнетизм и аэронавигация, 2021, v. 61, no. 5, (в печати).
- [3] Grigorieva, I., Struminsky, A. // Geomagnetism and Aeronomy, 2021, v. 61, no. 8, (in press).

### **Кинетическое описание диамагнитного облака и квазипоперечная обыкновенная мода**

*Губченко В.М.*

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

Динамичную электромагнитную токнесущую систему/каверну (ТС) «горячей» бесстолкновительной (ГБ) инжекции плазмы, расширяющуюся вдоль и поперек вытесняемого внешнего магнитного (ВМ) поля в разреженной плотной фоновой плазме, например от солнечной вспышки, называют диамагнитным облаком/областью (ДО). [1]. Разлет характеризуется МГД числами Маха, инжекция вносит асимметрию и анизотропию, которые определяются не МГД параметрами, вычисленными по форме функции распределения электронов и ионов (ФРЧ). Внутри ТС/каверны наблюдается структуры плазмы и полей, обусловленные плазменными масштабами дисперсии ГБ плазмы. Каверна анизотропная: выделяется свободный разлет вдоль ВМ поля, но выделяются узкая сложная ТС прорыва/разрыва поперек ВМ поля. [2]. Предполагаются достаточно высокие «закритические» значения электронного плазменного «гипербета» внутри ДО и достаточно низкие «докритические» на границе проникновения

ДО в фоновую плазму [2]. Такие ДО прорыва становятся источниками ускоренных индукционным полем потоков «резонансных» с полем электронов, обуславливающими кинетический эффект бесстолкновительной диссипации («проводимость») в ДО для прорыва. При высоких, но еще «докритических», значениях бета на границе каверны ГБ электроны остаются замагниченными. В их описании бесстолкновительной «электронной МГД» эффект ускорения электронов, т.е. «проводимость» для прорыва отсутствует. Поэтому мы обращаем внимание на квазипоперечную «обыкновенную» («О») кинетическую моду в ГБ плазме, возбуждаемую продольной к ВМ полем компонентой импульса инжекции. У такой «О» моды электрическое поле направлено вдоль ВМ поля, это дает возможность индукционного ускорения «резонансных» электронов, т.е. обнаружения эффективной электронной проводимости с возбуждением «тороидальной» компоненты ТС каверны. Квазипоперечные возмущения с поляризацией «необыкновенной» («НО») моды описывают «магнитодипольную» компоненту ТС каверны с магнитозвуковым движением без диссипации границы «холодного» ионного скин-слоя масштаба, описывается в МГД на основе («магнито ламинарного механизма — МЛМ») [4]. Работа выполнена в рамках Государственных заданий № 0030-2021-0002 и № 0030-2021-0015, и частично поддержана грантами РФФИ (№ 19-02-00704, № 20-02-00108).

- [1] D. Winske et al, *Frontiers in Astronomy and Space Sciences*, 2019, v. 5, a. 51, pp 1-14. DOI: 10.3389/fspas.2018.00051.
- [2] V. M. Gubchenko, *Geomagnetism and Aeronomy*, 2015. Vol. 55, No. 7, pp 831-845, DOI: 10.1134/S0016793215070099, No. 8, pp 1009-1025, 2015. DOI: 10.1134/S0016793215080101.
- [3] Б.Н. Гершман, М.С. Ковнер, *Изв. ВУЗ «Радиофизика»*, Т.1, № 3. с.19-24, 1958.
- [4] V. Bashurin, A Golubev, V. Terekhin, *J. Appl. Mech. Tech. Phys.* 1983, v.24, pp 614-622. DOI: 10.1007/BF00905870

## Эффекты ионосферных возмущений вдоль московского географического и геомагнитного меридианов

*Гуляева Т.Л., Пустовалова Л.В.*

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

Представлены оценки ионосферных возмущений вдоль географического меридиана  $35^\circ$  E и геомагнитного меридиана  $120^\circ$  E, пересекающихся на широте  $55^\circ$  N в Московской области. Оценки проводились в 17 пунктах наблюдений полного электронного содержания ТЕС вдоль указанных меридианов с вычислением  $W(\text{TEC})$  индекса на сайте ИЗМИРАН «Ионосферная погода» (<https://www.izmiran.ru/ionosphere/weather/>).  $W$ -индекс принимает значения от  $-4$  до  $+4$  с шагом 1, характеризующим меру отклонения текущего значения ТЕС или максимальной плотности электронов  $N_mF_2$  (пропорциональной критической частоте  $foF_2$ ) от спокойной медианы. Исследованы широтные вариации  $W(\text{TEC})$  индекса вдоль Московских меридианов в спокойных и возмущенных условиях. Наиболее заметные признаки бурь ( $W = \pm 3$  и  $\pm 4$ ) наблюдались вдоль геомагнитного меридиана в полярных областях и в области экваториальной аномалии. Показано, что в спокойных условиях вариации  $W$ -индекса хаотически изменяются с широтой от часа к часу вдоль обоих Московских меридианов. В ряде случаев наблюдаются заметные возмущения  $W$ -индекса в спокойных геомагнитных условиях. Соответствующие примеры представлены на сайте ИЗМИРАН по измерениям критической частоты  $foF_2$  в Москве, дополненные прогнозом  $W(foF_2)$ -индекса с заблаговременностью в 24 ч. Доступность исходных глобальных карт GIM-TEC со скважностью 15 мин в режиме, близком к реальному времени, позволяет улучшить прогноз соответствующих карт  $W(\text{TEC})$  индекса, выполняемых автоматически на сайте ИЗМИРАН с заблаговременностью в 24 ч.

Эта работа поддержана грантом РФФИ 19-52-250001\_Кипр\_а совместно с фондом RPF (Кипр) Bilateral/Russia(RFBR)1118/0004 (RENAM).

## Особенности гистерезиса в порогах космических лучей во время бури в начале сентября 2017 года

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

*СПбФ ИЗМИРАН*

Геомагнитный порог или жесткость геомагнитного обрезания космических лучей — это жесткость, ниже которой поток частиц обрезан из-за магнитного экранирования Земли. Свойства геомагнитного экрана меняются во времени, что приводит изменению порогов ( $\Delta R$ ), особенно сильно — во время магнитных бурь. Мы проследили динамику изменений геомагнитных порогов  $\Delta R$  в зависимости от динамики параметров межпланетной среды и геомагнитосферы на разных фазах бури 7–8 сентября 2017 г. Найдено, что последовательные значения, которые принимает  $\Delta R$  в зависимости от исследуемых параметров в главной фазе не совпадает с траекторией в восстановительной фазе — формируются петли гистерезиса. Рассмотрены особенности таких петель для зависимости  $\Delta R$  от магнитных и динамических параметров.

## Роль океанов в колебаниях климата арктического региона в течение Голоцена

*Дергачев В.А.*

*Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе,  
Санкт-Петербург, Россия; e-mail: v.dergachev@mail.ioffe.ru*

Климатически важными параметрами Мирового Океана между которыми существует взаимосвязь являются температура вод океана и тепло-содержание деятельного слоя океана, морские течения и льды, солёность и характеристики толщи воды. Океан находится в непрерывном взаимодействии с атмосферой и земной корой, проявляющемся в обмене теплом, влагой и количеством движения. В свою очередь, имеет место и воздействие атмосферы на океан, которое проявляется, главным образом, через циркуляцию вод. Ключевым следствием изменения климата в большинстве регионов земного шара являются изменения состояния континентальных льдов и колебания уровня океана. Следует отметить основные глобальные причины воздействия на климат: изменения во времени орбиты Солнца, солнечная активность, включая солнечное излучение, вулканические выбросы и парниковый эффект планеты.

В работе проанализирована роль трёх океанов (Северного Ледовитого, Атлантического и Тихого), связанных с Арктическим регионом и роль

океанических течений в процессе межширотного переноса тепла. Представлены результаты анализа как долговременной, так и кратковременной изменчивости температуры поверхности океана, охватывающие различные временные интервалы с момента окончания последнего ледникового периода до современности и связь этих изменений с причинами, их порождающими. Сделан вывод о том, что естественная изменчивость климата в Арктическом регионе на исследуемом интервале времени является значимой.

### **Затухание магнитозвуковых волн в солнечной короне**

***Дертеев С.Б., Гаваев Б.С., Джимбеева Л.Н.,  
Михаляев Б.Б.***

*Калмыцкий государственный университет имени  
Б. Б. Городовикова, Элиста; e-mail: derteevsergei@mail.ru*

Широко обсуждавшееся около двух десятков лет назад наблюдающееся быстрое затухание колебаний корональных петель и его связь с проблемой волнового нагрева короны до сих пор не достигло приемлемого и общепринятого финала. Продолжаются попытки использования различных подходов при освещении данного вопроса, в частности, обращено внимание на различие в поведении петель, находящихся в разных интервалах значений температуры, и на роль излучения в процессах затухания [1, 2].

Функция излучения, получаемая на основе анализа химического состава корональной плазмы и вклада ее составляющих в излучение с учетом эффектов переноса, имеет весьма сложную форму [3, 4]. На отдельных температурных интервалах обычно используются аналитические аппроксимации. Принимая во внимание данное обстоятельство, ранее мы рассматривали процесс затухания магнитозвуковых волн в линейном приближении, используя метод нормальных мод. Наблюдаемые колебания петель часто имеют относительно большую температуру, что побудило нас перейти теперь к нелинейным уравнениям МГД, в которых наряду с излучением приняты во внимание эффекты вязкости и теплопроводности. Проводится численное решение уравнений, изучается зависимость коэффициента затухания от параметров плазмы, в том числе от ее температуры.

- [1] Priest E.R., Foley C.R., Heyvaerts J., et al. // Nature, 1998, v. 393, p. 545.
- [2] Aschwanden M.J., Terradas J. // Astrophys. J., 2008, v. 686, p. L127.
- [3] Landi E., Landini M. // Astron. Astrophys., 1999, v. 347, p. 401.
- [4] Colgan J., Abdallah J., Jr., Sherrill M.E., et al. // Astrophys. J., 2008, v. 689, p. 585.



**Наличие  $\sim 154$ -х суточной квазипериодичности  
во временной структуре индексов солнечной  
активности на протяжении 22–24 солнечных циклов**

*Дмитриев П.Б.*

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

На общем протяжении 19, 20 и 21 циклов солнечной активности (СА) и в каждом из них в отдельности квазипериодические временные структуры с периодами длительностью от 150 до 160 дней выделялись в частоте солнечных вспышек, наблюдаемых в потоках солнечного радио и рентгеновского излучения и частоте протонных солнечных событий, наблюдаемых в регистрируемых потоках солнечных протонов. В частности,  $\sim 154$ -х дневная квазипериодичность, выделяемая в течение этого времени во всех выше перечисленных проявлениях СА [1], считается одной из фундаментальных характеристик не только СА, но и строения всего Солнца в целом [2]. В действительности, истинная причина  $\sim 154$ -х дневной квазипериодичности, проявление которой в настоящее время связывается с дифференциальным вращением активных зон на Солнце [3], до сих пор остается пока неизвестной.

Поэтому в данной работе были исследованы временные структуры индексов СА на предмет наличия квазипериодических компонентов с периодами от 150 до 160 суток, в том числе и на наличие  $\sim 154$ -х суточной квазипериодичности, на протяжении 22–24 циклов СА. Индексы СА были введены на основе радиоастрономических (2800 МГц) и внеатмосферных (спутники серии GOES) измерениях рентгеновского излучения Солнца (0.1–0.8 нм) и интегральных потоков солнечных частиц: электронов ( $> 2$  МэВ) и протонов ( $> 5$  МэВ).

Параметры выявленных квазигармонических компонентов были оценены в рамках полигармонической модели сигнала, а по значению нулевой фазы  $\sim 154$ -х суточной гармоники была осуществлена попытка отнести этот компонент к конкретной солнечной долготе.

- [1] Gabriel S., Evans R., and Feynman J.: 1990, Solar Phys., **128**, 415.
- [2] Wolff C. L. : 1983, Astrophys. J., **264**, 667.
- [3] Bai T., Sturrock P. A.: 1991, Nature, **350**, 141.

**Методы определения границы «тень-полутень»  
и напряженность вертикального  
магнитного поля на ней**

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

*ГАО РАН (Пулково)*

Исследовано 35 стабильных одиночных солнечных пятен в диапазоне 2–3 кГс в двух аспектах: определения внешней границы тени пятна (рассматриваются 4 метода, одному из которых — независимый математический метод Отсу — отдается предпочтение) и выявления характера изменения вертикальной компоненты магнитного поля  $B_{\text{ver}}$  на ней. По утверждению (Юрчак и др, 2010) данная характеристика является основополагающей в создании режима магнитоконвекции, и является некоторой универсальной физической константой для всех пятен. Для решения задачи используются данные станции SDO/hmi, проекта SHARPs в двух координатных системах CCD и CEA. Рассмотрены артефакты связанные как с орбитальным движением станции, так и с проекционными эффектами, дающие «добавки» к исследуемым значениям  $B_{\text{ver}}$ . Используя математический метод (Otsu), показано, что средняя величина на границе U-PU поля  $\langle B_{\text{ver}} \rangle$  меняется слабо (1,5-1,7 кГс), в то время как сама вертикальная составляющая магнитного поля, значительно меняется вдоль определяемого контура ( $SD \sim 50-70$  Гс) из-за наличия тонкой волокнистой структуры магнитного поля полутени пятна. Более того, выяснилось, что положение этой границы уникально для каждого пятна и не может быть универсальной константой. Граница тени пятна систематически выше 50% уровня от окружающего фона и это дает более низкие значения  $\langle B_{\text{ver}} \rangle$ , чем обсуждаемая (в работе Юрчак и др, 2010) величина  $\sim 1867$  G.

**Исследование анти-Хейловских активных областей  
в солнечном минимуме при помощи  
синтетического цикла**

Жукова А.В.<sup>1</sup>, Хлыстова А.И.<sup>2</sup>, Абраменко В.И.<sup>1</sup>,  
Соколов Д.Д.<sup>3,4,5</sup>

<sup>1</sup>Крымская астрофизическая обсерватория РАН, пгт. Научный,  
Крым, Россия; e-mail: anastasiya.v.zhukova@gmail.com

<sup>2</sup>Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия;  
e-mail: hlystova@iszf.irk.ru

<sup>3</sup>МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва, Россия;  
e-mail: sokoloff.dd@gmail.com

<sup>4</sup>Московский центр фундаментальной и прикладной математики,  
Москва, Россия

<sup>5</sup>ИЗМИРАН им. Н.В.Пушкова, Троицк, Москва, Россия

Данные каталога биполярных активных областей (АО), нарушающих закон полярностей Хейла [1], представленного в работе [2] (<http://sun.crao.ru/databases/catalog-anti-hale>), сводки Mount Wilson Magnetic Observations, данные USAF/NOAA Solar Region Summary позволили нам при помощи методики [3] выделить активные области (АО) пяти солнечных циклов (16-18 и 23, 24). Сформированный синтетический цикл, включающий 14838 АО (в т.ч. 367 анти-Хейловских АО), обеспечивает достаточную значимость статистических исследований. Циклические вариации относительного числа анти-Хейловских АО показали наличие пиков в минимуме на стыке двух синтетических циклов, что согласуется с предыдущими исследованиями [3, 4] и может объясняться проявлением флуктуационного динамо при пониженной активности глобального динамо. Классификация АО выполнена А.Ж. при поддержке РФФ (проект 18-12-00131). В.А. благодарит Минобрнауки РФ (НИР 0831-2019-0006). Работа А.Х. выполнена в рамках базового финансирования программы ФНИ П.16.

[1] Hale et al. // *Astrophys. J.*, 1919, v. 49, p. 63.

[2] Zhukova et al. // *Solar Phys.*, 2020, v. 295, p. 165.

[3] McClintock et al. // *Astrophys. J.*, 2014, v. 797 p. 130.

[4] Sokoloff et al. // *MNRAS*, 2015, v. 451, p. 1522.

## Исследование магнитных свойств солнечных пятен в активных областях с взрывными процессами

*Загайнова Ю.С.<sup>1</sup>, Файнштейн В.Г.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>ИЗМИРАН, Москва; e-mail: yuliazag@izmiran.ru

<sup>2</sup>ИСЗФ СО РАН, Иркутск; e-mail: vfain@iszf.irk.ru

Мы продолжаем серию работ, посвященных изучению влияния взрывных процессов (ВП) в активных областях (АО) на магнитные характеристики тени солнечных пятен в них, где под ВП понимаем солнечные вспышки без формирования корональных выбросов массы (КВМ) и с формированием КВМ. Ранее внимание акцентировали на изучение влияния ВП на поведение  $\alpha_{min}(t)$  и  $\langle \alpha \rangle(t)$  в тени пятен, где  $\alpha_{min}$  – минимальный угол  $\alpha$  между направлением вектора магнитной индукции и радиальным направлением из центра Солнца, характеризующий угол наклона оси магнитной трубки из тени пятна,  $\langle \alpha \rangle$  – средний в пределах тени угол  $\alpha$ , характеризующий градиент спада  $\alpha$  от центра пятна к границе "тень-полутень" или ширину магнитной трубки. В данной работе мы обсуждаем влияние ВП на максимальное  $B_{max}$  и среднее  $\langle B \rangle$  значения магнитного поля в пределах тени пятна, где  $B$  – величина магнитной индукции. Прежде всего, попытались ответить на вопрос: какое проявление ВП более существенно влияет на магнитные свойства тени солнечных пятен – солнечная вспышка или КВМ? Выполнено сравнение влияния характеристик ВП в группах пятен на магнитные свойства солнечных пятен: (i) при формировании быстрого КВМ (т.е. КВМ с линейной проекционной скоростью  $V_{in} > 1300$  км/сек) и мощной вспышкой (M- и X- рентгеновского балла), (ii) быстрого КВМ со слабой солнечной вспышкой, (iii) медленного КВМ с мощной вспышкой, (iv) медленного КВМ со слабой вспышкой. Полученные результаты сравнили с полученными ранее при исследованиях магнитных свойств солнечных пятен в АО без ВП. Наибольшее влияние ВП выявлено при исследовании магнитных свойств тени пятен в АО с источником мощной солнечной вспышкой, сопровождающейся формированием быстрого КВМ. В тени некоторых пятен наблюдался резкий рост  $B_{max}$  после начала вспышки, но влияние ВП на  $B_{max}$  и  $\langle B \rangle$  оказалось относительно более слабым по сравнению с влиянием ВП на  $\alpha_{min}$  и  $\langle \alpha \rangle$ . Так, в период наблюдений  $\pm 6$  ч. в тени отдельных пятен с момента начала ВП выявлено резкое изменение  $B_{max}$ , но не более  $\sim 20\%$ , хотя за тот же период наблюдений  $\alpha_{min}$  мог измениться в несколько раз. Проанализированы также спектры мощности колебаний  $B_{max}$  и  $\langle B \rangle$ , наблюдаемых в тени солнечных пятен, и сопоставлены со спектрами мощности колебаний  $\alpha_{min}$  и  $\langle \alpha \rangle$ . Предварительный анализ проведенного исследования показал, что мощная солнечная вспышка – более сильный фактор влияния ВП на вариации параметров  $B_{max}$  и  $\langle B \rangle$  в тени солнечных пятен,

но в событиях с формированием быстрых КВМ, отмечено резкое увеличение интенсивности и разнообразие воздействия ВП на магнитные свойства тени пятен. Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ поддержке гранта РФФИ 20-02-00150.

### **Солнечная активность по данным архивов Георга Кристофа Эймарта**

***Золотова Н.В.<sup>1</sup>, Возмьянин М.В.<sup>1</sup>, Арльт Р.<sup>2</sup>***

<sup>1</sup>*Санкт-Петербургский Государственный Университет;  
e-mail: m.vokhtyanin@spbu.ru*

<sup>2</sup>*Leibniz-Institut fur Astrophysik Potsdam; e-mail: rarlt@aip.de*

Период минимума Маундера (1645–1715 гг.) хорошо известен благодаря наблюдениям астрономов Парижской обсерватории: Пикара, отца и сына Ля Ир, Кассини и их учеников. Благодаря их зарисовкам солнечного диска мы знаем картину широтно-временного распределения солнечных пятен с 1670 по 1719 г. По мере проведения оцифровки и анализа исторических зарисовок солнечных пятен, сделанных другими наблюдателями в период минимума Маундера у нас появляется уникальная возможность дополнить каталог Хойта и Шаттена и сравнить наблюдения парижских астрономов с наблюдениями их современников. В работе представлены результаты восстановления параметров солнечной активности по архивам Георга Кристофа Эймарта с период 1616–1720 гг. Проведено сравнение площадей групп пятен по историческим зарисовкам и современным данным, а также выполнен сравнительный анализ уровня активности в период 1719–1720 гг. по данным Парижской обсерватории и наблюдениям Иоганна Кристофа Мюллера. Получена оценка отношения тени и получети групп солнечных пятен. Восстановлено широтно-временное распределение групп пятен.

## Две фазы 11-летнего цикла и параметризация его формы

*Иванов В.Г.*

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

Известно, что на фазе затухания 11-летнего цикла кривая спада имеет универсальную форму [1, 2]. Описывающая цикл динамическая система на этой фазе упрощается, что связано с доминированием процессов диффузии магнитных полей. В данной работе представлена параметризация формы цикла, учитывающая эту особенность цикла, а также соответствующее этой параметризации дифференциальное уравнение.

- [1] R. H. Cameron and M. Schüssler // *Astron. & Aph.*, 2016, v. 591, A46.  
[2] Ivanov V.G. // *Geomagnetism and Aeronomy*, 2018, v. 58, № 7, p. 930.

## Вклад анизотропии течения и конечного времени памяти в оценку скорости роста магнитной энергии в случайном потоке проводящей среды

*Илларионов Е.А.<sup>1,2</sup>, Соколов Д.Д.<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup> МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва; e-mail: egor.tyupost@gmail.com

<sup>2</sup> Центр фундаментальной и прикладной математики МГУ

Генерация магнитных полей за счет турбулентного движения проводящей среды (плазмы) является распространенным сценарием в астрофизических объектах, а с недавнего времени доступна в рамках лабораторного динамо-эксперимента и достаточно близко воспроизводится путем численного моделирования. Однако возможности численного моделирования оказываются далеко не безграничны и остается актуальным вопрос аналитического исследования задачи. Подавляющее большинство результатов, полученных на сегодня в рамках теории динамо, основываются на существенных упрощениях, в частности, предполагая однородность и изотропность поля скоростей и мгновенную потерю памяти. В нашей работе мы отказываемся от некоторых из этих ограничений и показываем, каким образом это сказывается на оценке скорости роста магнитной энергии (второго статистического момента магнитного поля). Мы рассматриваем двумерную и трехмерную задачи и модель с конечным временем памяти

и корреляционным тензором с одним выделенным направлением (следуя модели Чандрасекара). В двумерной задаче мы получаем замкнутые аналитические результаты, а в трехмерной задаче – разложения по малому параметру. Разработанный подход естественным образом переносится и на оценку скоростей роста более высоких статистических моментов.

### **О свечении бленды He3888/H8 в затменном протуберанце 29.03.2006**

***Калинин А.А., Калинина Н.Д.***

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

В 2006 г. экспедицией АО УрГУ получены спектры петельных структур протуберанца в области H и K CaII во время полного солнечного затмения 29 марта 2006 года. Описание экспедиции, полученного материала и оценка физических условий в протуберанце содержатся в работе [1]. В данном сообщении продолжена работа по теоретической интерпретации полученных спектров. На затменном спектре зарегистрирована хорошо известная бленда линий гелия He 388.8 нм и водорода  $H_8$  388.9 нм. С использованием методов, кратко описанных в [2], были рассчитаны спектры протуберанца в линиях указанной бленды, линии водорода  $H_\epsilon$  и линий ионизованного кальция H и K. Сравнение рассчитанных интегральных интенсивностей всех этих линий с наблюдениями позволило получить более горячую (на 1000 K) модель протуберанца по сравнению с [1]. Поскольку линии нейтрального гелия светятся обычно в начале переходной зоны от тела протуберанца к короне, то полученная оценка температуры относится больше к этой переходной зоне.

Работа выполнена при финансовой поддержке государства в лице Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, тема № FEUZ-2020-0030.

- [1] Калинин А.А., Горда С.Ю., Крушинский В.В., Попов А.А. Труды Всероссийской ежегодной конференции по физике Солнца «Солнечная и солнечно-земная физика – 2012», 24–28 сентября 2012 г., ГАО РАН, СПб, с. 235.
- [2] Калинин А.А. Труды Всероссийской ежегодной конференции по физике Солнца «Солнечная и солнечно-земная физика – 2018», 8–12 октября 2018 г., ГАО РАН, СПб, с. 195.

## Горячие струи в магнитных полях солнечных активных областей

*Кальтман Т.И.<sup>1</sup>, Ступишин А.Г.<sup>2</sup>, Анфиногентов С.А.<sup>3</sup>,  
Накаряков В.М.<sup>1,4</sup>, Лукичева М.А.<sup>1,2,5</sup>*

<sup>1</sup> *Специальная астрофизическая обсерватория РАН, С.-Петербург,  
Россия; e-mail: arles@mail.com*

<sup>2</sup> *Санкт-Петербургский государственный университет,  
С.-Петербург, Россия*

<sup>3</sup> *Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск, Россия*

<sup>4</sup> *Centre for Fusion, Space and Astrophysics, Physics Department,  
University of Warwick, UK*

<sup>5</sup> *Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung, Göttingen, Germany*

На основе «Каталога горячих плазменных струй в короне Солнца» (<https://prognoz2.sao.ru/coronal-jets-catalog/>) представлен анализ наблюдений плазменных струй, демонстрирующий разнообразие струйных течений в сильных магнитных полях активных областей. Наблюдательная база разработанного каталога использована для оценки различных наблюдаемых параметров струй и активных областей, в которых они возникают.

Приведены примеры эволюции струй в активных областях различных классов (согласно классификациям Hale и McIntosh). Данные сопоставлены одновременно в различных диапазонах: наблюдения в КУФ (инструмента SDO/AIA) и в радиодиапазоне (наземных радиотелескопов RATAN-600, SPR и NoRH) дополнены информацией о конфигурациях реконструированного коронального магнитного поля. Обсуждается связь с конфигурациями магнитного поля наблюдаемых на струях МГД процессов, изгибных и медленных колебаний. Приведены оценки скоростей некоторых струй, их длительность во времени, протяженность в пространстве и ширина и т. п. Целью этого анализа является определение магнитных конфигураций, в которых появляются плазменные струи, и их соответствия существующим моделям генерации МГД струй.

Работа поддержана грантом РФФИ № 18-29-21016 мк.



**Влияние динамики спектра турбулентности  
ленгмюровских волн на наблюдаемые частотные  
спектры в радиоизлучении**

*Кальтман Т.И.<sup>1</sup>, Кудрявцев И.В.<sup>2,3</sup>, Karlický M.<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>СПбф САО РАН, С.-Петербург, Россия; e-mail: arles@mail.ru

<sup>2</sup>Институт им. Иоффе, С.-Петербург, Россия

<sup>3</sup>Пулковская обсерватория, С.-Петербург, Россия

<sup>4</sup>Astronomical Institute, Ondrejov, Czech Republic

В докладе рассматриваются особенности частотных спектров ленгмюровских волн в солнечной плазме для различных моментов времени применительно к измеренным спектрам радиоизлучения. Представлен пример диагностики для радиовсплеска, связанного с комплексной эволюцией вспышки класса M1.4 (12/03/2015), приведшей к возникновению плазменной струи и одновременной генерации радиовсплесков с медленным положительным дрейфом [1]. Для анализа радиоизлучения использовались данные радиоспектрометра в Онджееве (Чехия) в диапазоне 0.8-2 ГГц.

Мы предполагаем, что данная струя указывает на возросший уровень турбулентности, а наблюдаемое радиоизлучение может быть интерпретировано как результат попарного слияния плазменных волн. Нами найдены формы частотных спектров ленгмюровских волн в различные моменты времени, при которых рассчитанное радиоизлучение соответствует измеренным радиоспектрам.

Обнаружен эффект уплощения со временем низкочастотного края моментальных профилей радиоспектров для отдельных структур радиовсплеска. Это согласуется с эффектом постепенной перекачки энергии ленгмюровских волн в область малых волновых чисел из-за индуцированного рассеяния этих волн на тепловых ионах и электронах плазмы [2].

Работа Кальтман и Кудрявцева поддержана грантом РФФИ № 18-29-21016. M. Karlický acknowledges support from the Grants 20-07908S and 21-16508J of the Grant Agency of the Czech Republic.

[1] Zemanová A. et al., J., *Astrophys. J.*, V. 905, I. 2, id.111

[2] Липеровский В.А., Цытович В.Н. *Журнал экспериментальной и теоретической физики*. Т. 57, 4(10), с.1252, 1969.

## Электронный каталог основных индексов солнечной активности за 1932-2000: Ташкентские данные

*Карачик Н.В., Миненко Е.П.*

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

Материалы непрерывных наблюдений за солнечной активностью являются не только важным аспектом изучения и понимания процессов происходящих на Солнце, их влияния на околоземное и межпланетное космическое пространство, но и ценным результатом многолетнего кропотливого труда. В целях сохранения и эффективного использования исторических данных, необходим качественно новый подход в системе их хранения и доступности, в частности публикация данных в сети.

В статье впервые представлено описание электронного каталога основных среднемесячных индексов солнечной активности (число Вольфа, площадь пятен и число групп солнечных пятен) за период с 1932 по 2000 года. Указанный период охватывает почти 7 полных циклов солнечной активности, с 17 по середину 23-го. Приведено описание инструментов, использованных для наблюдений, и методика подсчета индексов. Выполнено сравнение индексов с существующими каталогами, проведена оценка устойчивости рядов.

## Вращение и активность избранных звезд-близнецов Солнца

*Кацова М.М.<sup>1</sup>, Шляпников А.А.<sup>2</sup>, Низамов Б.А.<sup>1</sup>,  
Мишенкина Т.В.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> ГАИШ МГУ, Москва; e-mail: mkatsova@mail.ru

<sup>2</sup> КрАО РАН, Научный; e-mail: aas@crao.crimea.ru

<sup>3</sup> Астрономическая обсерватория Одесского национального университета, Одесса; e-mail: tmishenina@ukr.net

Среди солнечных аналогов существует группа звезд-близнецов Солнца, у которых спектральные исследования выявили значительный разброс обилия лития в их атмосферах. Понимание причин такого поведения лития важно при изучении эволюции звезд и химической эволюции Галактики. Помимо начальных условий, с которыми звезда приходит на главную последовательность, одним из факторов, влияющих на обилие лития, может являться активность. В данной работе проанализированы данные для 55 солнечных аналогов, 22 из которых можно считать близнецами Солнца.

Предварительный анализ наблюдений, выполненных орбитальной обсерваторией TESS, позволяет выявить не только вращательную модуляцию, связанную с звёздными пятнами, но и оценить периоды вращения ряда звёзд. Ясно прослеживается вспышечная активность этих достаточно ярких звёзд, которую затруднительно изучать наземными наблюдательными средствами. Представлены кривые блеска нескольких вспышек. Проведен поиск рентгеновских данных рассматриваемых звёзд по архивным базам, что даёт возможность сравнить мощность корон современного Солнца и его близнецов разного возраста. Кроме того, интересен тот факт, что у нескольких звёзд этой выборки обнаружены одна или несколько экзопланет, что сближает нашу Солнечную систему с рассматриваемыми звёздами.

**Солнечные и звёздные вспышки: частота появления,  
свойства активных областей и эффективность  
механизма динамо**

*Обридко В.Н.<sup>1,2</sup>, Кацова М.М.<sup>3</sup>, Соколов Д.Д.<sup>1,4,5</sup>*

<sup>1</sup>ИЗМИРАН, Троицк, Москва; e-mail: obridko@izmiran.ru

<sup>2</sup>ГАО РАН, С.-Петербург

<sup>3</sup>ГАИШ, Москва; e-mail: mkatsova@mail.ru

<sup>4</sup>Физический факультет МГУ, Москва; e-mail: sokoloff.dd@gmail.com

<sup>5</sup>Московский центр фундаментальной и прикладной математики,  
Москва

На основе анализа частоты встречаемости мощных солнечных рентгеновских вспышек классов М и Х и супервспышек на звездах показано, что с учетом изменения параметров зияптенности и компактности активных областей обе совокупности можно описать единой моделью. Тем самым проблема супервспышек на звездах и их отсутствия на Солнце сводится к проблеме различия в эффективности механизмов динамо.

**О связи микроволновых источников солнечных  
вспышек и всплесков в дециметровом  
и метровом радиодиапазонах**

***Кашапова Л.К.<sup>1</sup>, Куприянова Е.Г.<sup>2</sup>, Колотков Д.Ю.<sup>1,3</sup>,  
Рид Х.А.С.<sup>4</sup>, Кудрявцева А.В.<sup>1</sup>, Тан Ч.М.<sup>5</sup>, Жанг Дж.<sup>4</sup>***

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

<sup>2</sup> *Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,  
С.-Петербург; e-mail: elenku@bk.ru*

<sup>3</sup> *Centre for Fusion, Space and Astrophysics, Physics Department,  
University of Warwick, Coventry, UK;  
e-mail: d.kolotkov.1@warwick.ac.uk*

<sup>4</sup> *Department of Space and Climate Physics, University College, London,  
UK; e-mail: hamish.reid@ucl.ac.uk*

<sup>5</sup> *CAS Key Laboratory of Solar Activity, National Astronomical  
Observatories of Chinese Academy of Sciences, Beijing China;  
e-mail: tanchm@nao.cas.cn*

В настоящее время не вызывает сомнений, что явления, связанные с солнечной вспышкой и проявляющиеся в разных спектральных диапазонах и диапазонах высот, должны быть связаны. Но однозначного сценария, позволяющего описать эту связь, пока нет. Один из самых распространённых сценариев — генерация ускоренных электронов в короне и дальнейшее распространение их по линиям магнитного поля как в нижние слои солнечной атмосферы, так и во внешнюю корону с выходом в межпланетное пространство. Однако данные многоволновых наблюдений указывают на то, что этот сценарий реализуется не так часто. На примере двух событий (SOL2017-09-05T07:04 и SOL2019-04-10T08:09) мы представляем другие возможные сценарии, объясняющие взаимосвязь между микроволновым излучением (индикатором ускоренных электронов) и всплесками в дециметровом и метровом диапазонах. В работе использованы наблюдения новейших инструментов, таких как Сибирский радиогелиограф 48 (SPG48), Low Frequency ARray (LOFAR) и Mingantu Spectral Radioheliograph (MUSER), а также многоволновые данные других инструментов. В событии SOL2017-09-05T07:04 квазипериодические пульсации (КПП) были обнаружены в микроволновом и дециметровом диапазоне. В нановспышке класса А5 (SOL2019-04-10T08:05) КПП наблюдались в диапазоне 4-8 ГГц и 20-80 МГц. Сопоставляются эмпирические сценарии, полученные для этих событий, и обсуждается роль различных процессов в высвобождении и распространении энергии в солнечных вспышках.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Лондонского Королевского Общества 21-52-10012 КО\_а.

## Геомагнитная активность, климатические изменения и урожайность чайных плантаций Кении

*Василенко Т.А.<sup>1</sup>, Кириллов А.К.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург,  
Россия*

<sup>2</sup> *ГБУ ДО ЦДЮТТ Кировского района Санкт-Петербурга, Россия;  
e-mail: kirillov1953@inbox.ru*

Выполнен детальный анализ факторов, определяющих высокий уровень урожайности чая, выращиваемого в трех регионах: Китай, Индия, Кения. Показано, что только для кенийского чая наблюдается достаточно высокая корреляционная зависимость урожайности от геомагнитной активности, выражаемой индексами Ap и Dst за период вегетации растений на ранних стадиях в 2010–2017 годах. Для этого мы использовали средние за сутки значения индекса Ap Центра геомагнитных данных в Потсдаме и часовые значения индекса Dst в Киото. Для объяснения данного феномена анализируются условия произрастания чайных плантаций в трех регионах и факторы, определяющие урожайность чайных кустов. Температуры, превышающие  $26.5^{\circ}$ , и низкий уровень солнечного сияния являются неблагоприятными для выращивания чая. В регионах Индии, где произрастает чай сорта Ассам, также важным фактором является дата окончания муссонов. В целом технология производства чая в двух наиболее крупных экспортерах этого продукта — Индии и Китая, находится на высоком уровне, что обеспечивало стабильный прирост урожайности за исследуемый период и независимость от погодных условий и факторов космической погоды. В Кении чай выращивают в горных районах земного экватора, где погодные и климатические факторы являются существенными при низком уровне культуры сельскохозяйственного производства. По этой причине наблюдается обратная линейная зависимость урожайности чая от уровня геомагнитной возмущенности на ранней стадии вегетации чайного листа. Учитывая предстоящие глобальные изменения климата Земли, данное заключение представляется важным для сохранения высокого уровня производства, экспорта и качества чайного листа.

## Possible future behavior of solar and geomagnetic activity

*Kirov B., Georgieva K., Asenovski S.*

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

The long and deep solar minimum in 2008-2009 and the low sunspot cycle 24 which followed are considered to mark the end of the modern Grand maximum of solar activity. There are still discussions whether the Sun is entering a Maunder-type Grand minimum or just a centennial minimum of its activity. Here we compare the parameters of the solar wind and its transients, as well as their geoeffectiveness since the beginning of in-situ observations, and discuss the possible future behavior of solar and geomagnetic activity.

## Поток мелкомасштабной магнитной спиральности и возможности прогнозирования солнечной активности

*Клиорин Н.И.<sup>1,2</sup>, Рогачевский И.В.<sup>2,3</sup>, Кузанын К.М.<sup>1,4</sup>, Сафиуллин Н.Т.<sup>1,5</sup>, Поршнев С.В.<sup>5</sup>*

<sup>1</sup>*Институт механики сплошных сред, УрО РАН, г. Пермь*

<sup>2</sup>*Ben-Gurion University, Beer-Sheva Israel; e-mail: nat@bgu.ac.il*

<sup>3</sup>*Nordita, KTH Stockholm University, Sweden;*

<sup>4</sup>*ИЗМИРАН, г. Троицк, Москва; e-mail: kuzanyan@izmiran.ru*

<sup>5</sup>*Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург*

В предлагаемом докладе рассматриваются возможные механизмы, порождающие случайные вариации солнечной активности на различных временных (минуты, месяцы, годы, десятки, сотни и тысячи лет) и пространственных масштабах (масштабы активных областей, активные долготы, магнитное поле Солнца в целом) в рамках магнитной гидродинамики средних полей Солнца. Показано что на временных масштабах длиннее года наиболее важным фактором, определяющим как уровень магнитного поля Солнца в целом, так и случайные его вариации, является транспорт мелкомасштабной магнитной спиральности к поверхности Солнца посредством потока этой спиральности.

Как показали предыдущие исследования, блокирование этого потока приводит к катастрофическому накоплению мелкомасштабной магнитной спиральности в недрах и как следствие к катастрофическому подавлению

генерации крупномасштабного магнитного поля на Солнце. Наоборот, если путь потоку мелкомасштабной магнитной спиральности открыт, уровень среднего поля оказывается вполне сравнимым с наблюдаемым средним полем Солнце, а его динамика становится нетривиальной.

Мы показываем, как использование данного механизма, дополненного моделью солнечного динамо среднего поля, а также ассимиляцией данных наблюдений с помощью нейронных сетей позволяет на длительных промежутках времени получать ежемесячный прогноз чисел Вольфа, почти точно совпадающий с ежемесячным числом Вольфа, сглаженным 12-месячным скользящим окном.

Работа поддержана грантом РФФ 21-72-20067.

### **О важности теории конденсированных сред для понимания звёздных циклов активности пульсаров**

*Кобяков Д.Н.*

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

Циклы звёздной активности наблюдаются прежде всего на Солнце, однако, и далёкие звёзды имеют аналогичный характер астрономических проявлений. Изучение нейтронных звёзд с точки зрения теории конденсированных сред создаёт фундамент для теорий на основе астрономических наблюдений. Ключевые механизмы работают внутри нейтронной звезды, где часть материи, по оценкам, находится в сверхпроводящем состоянии. Теория сверхпроводимости в материи нейтронных звёзд далека от завершения. В работе [1] найдено, что стандартный подход в рамках теории Гинзбурга-Ландау может быть принципиально неприменим к ядру нейтронных звёзд в случае наличия сверхтекучести нейтронов в дополнение к сверхпроводящим протонам по причине наличия двух критических температур, зависящих от глубины, и не совпадающих друг с другом. Таким образом, лишь в тонком слое материи (на определённой глубине внутри звезды) можно использовать теорию Гинзбурга-Ландау, в противном случае ожидаются значительные температурные эффекты и нарушение дихотомии типов сверхпроводимости, по аналогии с высокотемпературными сверхпроводниками.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 20-12-00268).

[1] Kobyakov D.N. // Phys. Rev. C. 102, 045803 (2020).

**«Эффект Данжона», солнечная активность,  
вулканизм и климат**

***Комитов Б.П.<sup>1</sup>, Кафтан В.И.<sup>2</sup>***

<sup>1</sup>*Институт астрономии с Национальной астрономической  
обсерватории-БАН, София, Болгария;  
e-mail: komitovboris97@gmail.com*

<sup>2</sup>*Геофизический центр -РАН, Москва; e-mail: kaftan@geod.ru*

В этой работе авторы фокусируют внимание на явлении, открытом в 1921-ом году французским астрономом Андре-Луи Данжоном. Оно проявляется как тенденция приуроченности так называемых «темных» полных лунных затмений к эпохам минимумов солнечных циклов Швабе-Вольфа. Этот эффект является индикатором связи между фазами основного пятнообразовательного солнечного цикла и оптическими свойствами земной атмосферы. Сделано предположение, что явление обусловлено активизацией вулканической активности во время солнечных минимумов и/или более интенсивным образованием аэрозолей и облачности под действием галактических космических лучей (ГКЛ) в эти эпохи.

Для проверки этой гипотезы был сделан детальный анализ данных о вулканических извержениях за последние 470 лет с 1550 до 2020 гг. Показано, что сильные вулканические извержения, для которых эруптивный индекс  $VEI \geq 4$ , приурочены как к минимумам, так и к максимумам солнечных циклов Швабе-Вольфа. Эта тенденция очень слабо выражена для тех извержений, у которых  $VEI = 4$ , но становится очень отчетливой для  $VEI \geq 5$  и, особенно, для сильнейших извержений ( $VEI \geq 6$ ). Сильные извержения ( $VEI \geq 4$ ) полностью отсутствуют в средних частях восходящих ветвей пятнообразовательных циклов у фазы  $0.2 < \Phi < 0.3$ . Эти факты являются индикаторами того, что сильнейшие проявления вулканической деятельности связаны с колебаниями потока ГКЛ и солнечными протонными явлениями (СПЕ), а оптическая прозрачность атмосферы Земли и конкретно образование аэрозолей сильно зависит от взаимодействия ГКЛ и вулканической пыли, которые, каждый в отдельности, связаны с уровнем солнечной активности. Обсуждение результатов проводится также в контексте проблемы «Солнце-климат».



## Магнитные циклы Солнца: 22 года и 7 лет

**Котов В.А.**

*Крымская астрофизическая обсерватория РАН, п. Научный, Крым  
298409, Россия; e-mail: vkotov@craocrimea.ru*

На протяжении последних 53 лет общее магнитное поле Солнца регулярно измерялось в КрАО, Стэнфорде и пяти других обсерваториях мира (в 1968–2020 гг. получено более 28 тыс. суточных значений продольного поля видимой солнечной полусферы). Показано, что поле изменяется с циклом Хейла  $P_H = 22.14(8)$  г. и циклом  $P_7 = 7.08(10)$  г. Их отношение,  $3.13(5)$ , совпадает с приближением Архимеда  $22:7$  для числа  $\pi$ , а шкала

$$\left(1 - \frac{3}{\pi}\right) P_H = (\pi - 3)P_7 \quad (1)$$

– с орбитальным периодом Земли  $P_E$ . Выдвинута гипотеза, что циклы  $P_H$  и  $P_7$  имеют космическую природу (с неизвестным физическим механизмом, приводящем к резонансу Солнце–Земля), а  $P_E$  – фундаментальная шкала солнечной системы.

## О подобии развития 11-летнего цикла солнечной активности в разных долготных интервалах

**Крамынин А.П., Михалина Ф.А.**

<sup>1</sup>*Уссурийская астрофизическая обсерватория ИПА РАН, Уссурийск;  
e-mail: a.p.kramynin@mail.ruil.ru*

Исследуются особенности развития 11-летних циклов солнечной активности в разных долготных интервалах по данным о числе солнечных пятен в период 1874–2018гг. Использовался метод разложения по естественным ортогональным функциям матриц, строки которых представляют годовые долготные распределения числа солнечных пятен сформированных отдельно для северного и южного полушарий Солнца. Установлено, что ряды разложения довольно быстро сходятся, а ход развития 11-летнего цикла в разных долготных интервалах подобен на 78% и 78,5% для северного и южного полушарий Солнца соответственно. Амплитуда 11-летнего цикла в разных долготных интервалах определяется средним значением за весь период исследований числом пятен в данном долготном интервале. Таким образом, наибольшие изменения индекса происходят в активных долготах. Вклад второго и третьего компонента разложения ~4%

каждого, которые описывают другие особенности долготного распределения солнечной активности, связанные с другими независимыми факторами, влияющих на динамику развития активных долгот. Оставшиеся ~10% вклада, по-видимому, связана со случайным шумом.

**Реконструкции гелиосферного модуляционного  
потенциала и вариации климата Земли  
за последние 20 тысяч лет**

*Кудрявцев И.В., Дергачёв В.А.*

*ФТИ им. А.Ф. Иоффе, С.-Петербург;  
e-mail: Igor.Koudriavtsev@mail.ioffe.ru*

Основной вклад в генерацию космогенных изотопов в атмосфере Земли, как известно, вносят частицы Галактических Космических лучей (ГКЛ), интенсивность которых модулируется в межпланетном космическом пространстве солнечной активностью (СА). Это позволяет изучать СА в прошлом на основе данных по содержанию изотопа  $^{10}\text{Be}$  в слоях льда полярных зон и изотопа  $^{14}\text{C}$  в кольцах деревьев. Изотопы  $^{10}\text{Be}$  осаждаются из атмосферы и фиксируются в слоях льда ледников полярных зон. Изотопы  $^{14}\text{C}$  участвуют в углеродном обмене между атмосферой, биосферой, океаном и гумусом. Изменение земного климата находит своё отражение в концентрации этих изотопов в природных архивах.

В докладе анализируются данные по содержанию изотопов  $^{10}\text{Be}$  и  $^{14}\text{C}$  в природных архивах. Рассматриваются реконструкции гелиосферного модуляционного потенциала (ГМП), который отражает модуляцию ГКЛ солнечной активностью, за последние 20 тысяч лет на основе данных по содержанию этих изотопов в природных архивах с учетом изменений земного климата. Рассматриваемый временной интервал включает в себя процесс окончания последнего ледникового периода и перехода к Голоцену, который длится до настоящего времени. При этом изменение земного климата происходило не только в процессе перехода от Ледникового Периода к Голоцену, но и во время самого Голоцена. Такие изменения сопровождались, в частности, превращением Сахары в пустыню и похолоданием во время Малого Ледникового Периода. Проводится сопоставление вариаций реконструированных значений ГМП (т.е. активности Солнца) с глобальной приземной температурой. В частности показано, что высокая солнечная активность могла привести к регистрируемым максимумам температуры около 7000 и 5300 до нашей эры. Спад температуры в интервале 3000-1000 до нашей эры мог быть результатом низкой активности Солнца.

## **Ударная волна в солнечном событии, связанном с эрупцией крупного протуберанца**

***Кузьменко И.В.<sup>1</sup>, Гречнев В.В.<sup>2</sup>***

<sup>1</sup>*Институт прикладной астрономии РАН (Уссурийский отдел), г. Уссурийск; e-mail: kuzmenko\_irina@mail.ru*

<sup>2</sup>*Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск; e-mail: grechnev@iszf.irk.ru*

Эрупция крупного протуберанца, произошедшая 29 сентября 2013 г. вне активных областей, вызвала быстрый корональный выброс массы. Его высокая скорость предполагает наличие перед ним ударной волны, что подтверждается наблюдениями радиовсплеска II типа и окружающего выброс гало. Установлено, что ударная волна была импульсно возбуждена эруптивным протуберанцем и трансформировалась в головную позже на значительном расстоянии от Солнца. Расчётные положения фронта волны соответствуют её проявлениям на изображениях. Радиоизлучение II типа от 30 МГц до 70 кГц было вызвано распространением одной и той же ударной волны. Характер возбуждения и эволюции ударной волны в этом событии оказался таким же, как и в исследованных ранее вспышечных событиях.

## **О связи корональных джетов с депрессиями микроволнового радиоизлучения**

***Кузьменко И.В.***

*Институт прикладной астрономии РАН (Уссурийский отдел), г. Уссурийск; e-mail: kuzmenko\_irina@mail.ru*

Прослежена связь между наблюдениями корональных джетов в крайнем ультрафиолетовом диапазоне с депрессиями интегрального потока радиоизлучения (отрицательными всплесками). В двух развивающихся активных областях сложной магнитной конфигурации, находящихся вблизи лимба Солнца, в марте 2015 г. и сентябре 2017 г. на изображениях телескопа AIA космической обсерватории SDO в канале 304 Å наблюдались многочисленные джеты. Проведен сравнительный анализ времени их наблюдений с депрессиями интегрального потока радиоизлучения на ряде частот микроволнового диапазона по данным разных обсерваторий. Обнаруженные в течение трех суток в сентябре 2017 г. как минимум 12 депрессий радиоизлучения показывают, что отрицательные всплески могут

происходить не так редко, как считалось ранее. На нескольких примерах продемонстрировано, что причиной депрессий радиоизлучения было частичное экранирование веществом джетов излучения радиоисточников, расположенных вблизи солнечного лимба.

**Отклик микроволнового излучения на радиальную  
БМЗ волну в плазменном слое, частично заполненном  
ускоренными электронами**

*Куприянова Е.Г.<sup>1,2</sup>, Кальтман Т.И.<sup>3</sup>, Накаряков В.М.<sup>2,3,4</sup>,  
Колотков Д.Ю.<sup>2,4</sup>, Кузнецов А.А.<sup>2,5</sup>*

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

<sup>2</sup> Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск

<sup>3</sup> Санкт-Петербургский филиал Специальной астрофизической  
обсерватории РАН, Санкт-Петербург

<sup>4</sup> University of Warwick, Coventry, UK

<sup>5</sup> Иркутский государственный университет, Иркутск

Одинокные осциллирующие вспыхивающие петли, наблюдаемые на микроволнах, видны как системы более тонких плазменных петель на изображениях в ультрафиолетовом диапазоне. При моделировании гиросинхротронного (ГС) излучения таких источников ранее предполагалось, что ускоренные электроны заполняют весь осциллирующий объём. В данной работе рассматривается модель осциллирующего магнитоплазменного слоя с частичным заполнением его ускоренными электронами. Исследуется наблюдательный отклик в микроволновом ГС излучении на радиальную быструю магнитозвуковую волну в слое. Двумерное моделирование проведено в рамках аналитического решения системы линеаризованных МГД уравнений. Получено, что для ГС источников с поперечным размером, существенно меньшим ширины слоя, для всех углов зрения глубина модуляции излучения на порядок превышает исходную амплитуду волны. Контраст глубины модуляции излучения растёт с повышением контраста плотностей в слое и вне его. Найдено, что микроволновый отклик на БМЗ волну слоя является нелинейным, что при определённых сочетаниях параметров приводит к полному исчезновению периодического отклика или к удвоению его частоты.

Работа выполнена при поддержке РФФ (проект 21-12-00195). Работа Кальтман Т.И. поддержана РФФИ (проект 18-29-21016 мк).

**Поток и яркость микроволнового излучения в качестве предвспышечных признаков**

***Курочкин Е.А.<sup>1</sup>, Петерова Н.Г.<sup>1</sup>, Топчило Н.А.<sup>2</sup>,  
Шендрик А.В.<sup>1</sup>***

<sup>1</sup> *Санкт-Петербургский Филиал Специальной Астрофизической  
Обсерватории; e-mail: 79046155404@yandex.ru*

<sup>2</sup> *Санкт-Петербургский Государственный Университет*

Прогнозирование в радиодиапазоне может быть перспективно в связи с рядом параметров[1], которые обеспечивают глубокую диагностику потенциальных вспышечно-продуктивных активных областей (АО). К таким параметрам можно отнести диапазон наблюдения, степень чувствительности по потоку[2], динамический диапазон, точность измерения степени поляризации и др.

Наблюдения РАТАН-600 доступны по крайней мере с 1997 г., значит, что перекрываются практически полностью 23 и 24-й циклы Солнечной активности, а также начало 25-го цикла Солнечной активности. Таким образом, архив наблюдений РАТАН-600 позволяет анализировать поведение потенциально вспышечных АО в различных стадиях 11-летнего цикла Солнечной активности[3]. В работе акцентировано внимание в первую очередь в максимуме 24-го цикла Солнечной активности, однако затрагиваются и другие периоды наблюдений.

Помимо РАТАН-600 весьма продолжительными наблюдениями является архив радиогелиографа Нобеяма, что позволяет, с учётом особенностей наблюдений (разница в суточном времени, диапазоне, чувствительности и др.) проводить сравнения полученных данных.

[1] Bogod V.M. et al., *Astrophys Bull*, v.73, I.4, 478 (2018)

[2] Tanaka H. and Enome S., *Solar Phys.*, 40, 123 (1975)

[3] Shendrik A.V. et al., *Geomagn Aeronomy+*, v.60, N.8, 999 (2020)

**Применение метода восстановления  
температурно-высотного профиля солнечной  
атмосферы к многочастотным радионаблюдениям  
некоторых активных областей**

**Макоев Г.А.<sup>1,2</sup>, Ступишин А.Г.<sup>2</sup>, Кальтман Т.И.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Санкт-Петербургский филиал САО РАН, С.-Петербург;  
e-mail: germanmakoev@gmail.com, arles@mail.com*

<sup>2</sup> *Санкт-Петербургский государственный университет,  
С.-Петербург; e-mail: agstup@yandex.ru*

В данном докладе продемонстрировано применение метода восстановления профиля температуры над активными областями, разработанного в статье [1], к данным РАТАН-600 в микроволновом диапазоне для различных активных областей. Описан итерационный метод и некоторые его обобщения, которые позволяют учитывать отличия параметров солнечной атмосферы над выделенными участками активной области (тенью и полутенью) по распределению поляризованного радиоизлучения. Данные обобщения последовательно применены к наблюдательным данным, полученным на радиотелескопе РАТАН-600, для активных областей и для каждой из данных областей получены реалистичные оценки температуры в нижней короне (более низкие температуры над тенью и более высокие над полутенью активной области), которые хорошо согласуются с современными представлениями о солнечной атмосфере.

- [1] Kaltman, T. I. and Stupishin, A. G. // Proceedings of the Conference «Ground-Based Astronomy in Russia. 21st Century», Nizhy Arkhyz, Russia, 2020, v. 3, p. 409.

**Измерение вариаций потоков вторичных  
протонов в околоземном пространстве  
по данным эксперимента ПАМЕЛА**

*Малахов В.В., Голубков В.С., Майоров А.Г., Роденко С.А.*

*Национальный Исследовательский Ядерный Университет МИФИ,  
Москва; e-mail: vvtalakhov@terphi.ru*

Потоки заряженных частиц в околоземном пространстве, в частности протонов, захваченных в радиационных поясах (РП), подвержены вариациям, связанным с изменением солнечной активности (СА). Особенно чувствительны потоки захваченных и квазизахваченных протонов на нижней границе внутреннего РП, поскольку на них сильно влияют параметры атмосферы, которые, в свою очередь, зависят от количества поступающего от Солнца излучения.

Эксперимент ПАМЕЛА [1] проводился на низкой околоземной орбите с 06.2006 до 01.2016. Помимо основной цели — измерения потоков галактических космических лучей, прибор также выполнял измерения в области Южно-Атлантической магнитной аномалии [2].

Измерения направленных потоков протонов во внутреннем РП проводились в диапазонах по  $L$  от 1.1 до 1.22, по  $E$  от 100 МэВ до 2 ГэВ и по экваториальному питч-углу от  $60^\circ$  до  $90^\circ$  в разных фазах 23/24 циклов СА. Восстановлена динамика потоков в указанных диапазонах с подробным шагом. Выявлены характерные особенности зависимости разности потоков между солнечными минимумом и максимумом от экваториального питч-угла и  $L$ -оболочки, связанные, вероятно, с присутствием нескольких компонент: стабильно-захваченных, квазизахваченных, альбедных и precipitated-частиц.

Для анализа экспериментальных результатов проведено моделирование процессов генерации, захвата и движения частиц на низких  $L$ -оболочках при помощи пакета программ [3].

Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда (проект No19-72-10161).

- [1] Picozza P. et al // Astroparticle Physics 27 (2007) 296–315
- [2] Adriani O. et al // The Astrophysical Journal Letters, 799:L4 (7pp), 2015
- [3] Golubkov V.S. // Bull. Russ. Acad. Sci.: Phys., 2021, v. 85, p. 383.

**Форма и динамика гиротронного спектра  
излучения вспышки в микроволновом  
и субтерагерцовом диапазонах**

*Мельников В.Ф.<sup>1</sup>, Филатов Л.В.<sup>2</sup>*

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

<sup>2</sup> ФГБОУ Нижегородский архитектурно-строительный  
университет, Нижний Новгород; e-mail: filatovlv@yandex.ru

В последние годы всё больший интерес приобретают наблюдения солнечных вспышек в суб-терагерцовом диапазоне. Интерес прежде всего связан с открытием бразильской группой Кауфмана так называемой суб-ТГц компоненты с положительным наклоном частотного спектра. Механизмам генерации этой компоненты посвящено множество работ. Однако, стоит отметить следующее. Для значительной части (почти половины) всплесков в диапазоне 200–400 ГГц, наблюдавшихся на бразильском суб-миллиметровом телескопе SST, наклон спектра оказался отрицательным (Fernandes et al. 2017, Solar Phys, 292, 21). Это согласуется с частотным спектром микроволновых ( $f = 3–30$  ГГц) всплесков, которые генерируются гиротронным механизмом в оптически тонком источнике электронами со спадающим степенным спектром по энергиям. Скорее всего, суб-ТГц излучение с отрицательным наклоном частотного спектра также является гиротронным (синхротронным). Это открывает богатейшие возможности диагностики процесса ускорения и распространения релятивистских ( $E \sim 5–30$  МэВ) электронов в солнечных вспышках на основе методов, развитых для микроволновых всплесков, за которые ответственны электроны более низких (среднерелятивистских,  $E \sim 0.3–3$  МэВ) энергий.

Данная работа посвящена разработке методов оценки плотности энергии турбулентности вистлеров во вспышечных петлях на основе анализа формы и динамики гиротронного спектра излучения вспышки в микроволновом и субтерагерцовом диапазонах. Знание плотности энергии волновой турбулентности является чрезвычайно важным для определения эффективности механизма ускорения заряженных частиц.



## **Некоторые особенности транспортировки магнитных полей магнитоконвекцией гигантского масштаба**

*Мерзляков В.Л., Старкова Л.И.*

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

Проведено исследование транспортировки магнитоактивной плазмы конвекцией гигантского масштаба. Изучалась ориентация дипольного момента такой плазмы. Для этой цели использовались зоны максимальной напряженности магнитного поля активных областей 2007 года. В результате анализа было установлено, что при подъеме ячейкой конвекции дипольный момент магнитоактивной плазмы увеличивает отклонение от радиальности при начальной величине  $85^\circ$ . Изменение ориентации дипольного момента в перпендикулярной радиусу плоскости не проявляет какой-либо зависимости от расстояния до фотосферы.

## **Плазменная неустойчивость как причина ограничения энергии ускоряемых электронов в хромосферном источнике солнечной вспышки**

*Мерзляков В.Л.*

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

Изучена ситуация с ускорением электронов в хромосферном источнике солнечной вспышки. Рассмотрена модель ускорения вихревым электрическим полем в области с магнитной особенностью X-типа. Электроны могут увеличивать свою энергию до момента пока вихревое электрическое поле не превышает поле Драйзера. Когда происходит превышение этого поля возникает плазменная неустойчивость, которая эффективно тормозит процесс ускорения. Установлено, что превышение поля Драйзера зависит от температуры нагрева электронов. Для вспышек класса M, X регистрируется температура в хромосферном источнике  $20 - 40 \cdot 10^6$  К. При такой температуре электроны могут ускоряться до энергии  $\approx 100$  Кэв.

## **Перестройка токовой системы источника полярного магнитного поля Солнца в минимуме 23/24 циклов**

*Мерзляков В.Л.<sup>1</sup>, Баранов Д.Г.<sup>2</sup>, Вернова Е.С.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>ИЗМИРАН, Москва, г. Троицк; e-mail: mvl@izmiran.ru

<sup>2</sup>ФТИ им. А.Ф. Иоффе, С.-Петербург; e-mail: d.baranov@bk.ru

<sup>3</sup>СПбФ ИЗМИРАН, С.-Петербург; e-mail: helena@13934.spb.edu

В эпоху минимума солнечной активности 23 и 24 солнечных циклов наблюдаются значительные изменения магнитных свойств по сравнению с предыдущими минимумами. Причина этого, вероятно, связана с переменой в условиях генерации полоидальной компоненты магнитного поля Солнца. Характер таких перемен был изучен по данным фотосферного магнитного поля обсерватории Kitt Peak. Сравнение этих данных с модельными расчетами показало, что на спаде 23 цикла происходил относительный рост величины тока в приэкваториальной области зоны генерации полоидального поля. С началом 24 цикла такой рост практически прекратился, что означает стабилизацию конфигурации токовой системы полоидального магнитного поля Солнца.

## **Частотно-временной анализ мелкомасштабных магнитных биполярных структур в течение 23 и 24 циклов солнечной активности**

*Миненко Е.П.*

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

Были изучены широтно-временные изменения частотных спектров для среднемесячного числа мелкомасштабных магнитных биполярных структур с использованием вейвлет-анализа. В работе использованы фотосферные магнитограммы с двух инструментов: Helioseismic and Magnetic Imager (HMI) на борту космической обсерватории the Solar Dynamic Observatory (SDO) и инструмента Michelson Doppler Imager (MDI) установленного на внеатмосферной станции Solar and Heliospheric Observatory (SOHO). Рассмотрено изменение среднемесячного числа мелкомасштабных магнитных биполей с напряженностью 10, 20 и 30 Гаусс в 23 и 24 циклах солнечной активности. Найдено, что во всех рассмотренных случаях изменение среднемесячного числа магнитных биполей не зависит от течения цикла солнечной активности. С другой стороны, показано,

что распределение спектральной плотности для вариаций среднемесячного числа магнитных биполярных структур в фотосфере при использовании вейвлет-функции Морле, показывает ярко выраженную 11-летнюю цикличность и хорошую согласованность с течением цикла солнечной активности в случае биполей с напряженностью 20 и 30 Гаусс.

### **North-South asymmetry of coronal bright points during the solar cycles 23 and 24**

***Minenko A.P., Karachik N.V.***

*Ulugh Bek Astronomy Institute (UBAI), Tashkent, Uzbekistan;  
e-mail: minenkoekateria@mail.ru*

A detailed study of aspects of N-S asymmetry of coronal bright points of two types observed with the Extreme ultraviolet Imaging Telescope (EIT) on-board the Solar and Heliospheric Observatory (SOHO) is presented. In this work we use full-disk images at spectral emission lines from Fe XII (195 Å). We use smoothed-monthly relative CBPs numbers for the northern and southern hemispheres separately, covering the time span 1996-2020. The wavelet analyses reveal that oscillations with period ranging about 1 year can last for several cycles for both the types of CBPs in both hemispheres. Main contribution in this case belongs dim CBPs. The asymmetric behavior both types CBPs reveals obvious connection to either the sunspot cycle period of about 11 or the magnetic cycle of about 22-years. Finally, in the case of CBPs both types, a increases of activity for the southern hemisphere is observed. The dominated activity for southern hemisphere is especially pronounced for the bright CBPs.

**Дисперсионные свойства  
нелинейных магнитозвуковых волн**

***Михаляев Б.Б., Дертеев С.Б., Манжаева Г.А.***

*Калмыцкий государственный университет имени  
Б. Б. Городовикова, Элиста; e-mail: bbtikh@mail.ru*

Корональная сейсмология развивается в направлении получения новых, более точных и информативных наблюдательных данных, а также разработки новых математических методов исследования волновых явлений. Наряду с использованием хорошо изученного метода линейных МГД-волн в корональных петлях [1, 2] создается описание колебаний неоднородных магнитных трубок, ведется изучение нелинейных волн численными и аналитическими методами. В частности, разработана теория модуляционной неустойчивости радиальных мод корональных петель [3], позволяющая по-иному взглянуть на природу квазипериодических колебаний.

Мы предприняли попытку прямого подхода к описанию нелинейных магнитозвуковых волн в условиях солнечной короны, используя аппарат, аналогичный волнам Стокса на воде [4]. Рассматриваются слабонелинейные уравнения МГД, решения которых представляются в виде разложений, в которых учитываются нелинейные члены. Получено приближенное дисперсионное уравнение для медленных и быстрых волн, содержащее амплитуду волны. Оно позволит внести уточнения в данные о наблюдаемых колебаниях, особенно это касается изгибных колебаний корональных петель, амплитуды которых нельзя считать малыми.

- [1] Зайцев В.В., Степанов А.В. // Иссл. геомагн. аэрон. физ. Солнца, 1975, вып. 37, с. 3.
- [2] Edwin P.M., Roberts B. // Solar Phys., 1983, v. 88, p. 179.
- [3] Mikhalyaev B.B., Ruderman M.S. // J. Plasma Phys., 2015, v. 81, 905810611.
- [4] Уизем Дж. Линейные и нелинейные волны. -М.: Мир, 1977.

**Моделирование вспышечного теплового суб-ТГц  
излучения с помощью FLARIX и RADYN**

*Моторина Г.Г.<sup>1,2</sup>, Цап Ю.Т.<sup>3</sup>, Кашипарова Я.<sup>2</sup>,  
Моргачев А.С.<sup>4</sup>, Смирнова В.В.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> *Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,  
С.-Петербург; e-mail: g.motorina@yandex.ru*

<sup>2</sup> *Astronomical Institute of the Czech Academy of Sciences, Ondrejov,  
Czech Republic*

<sup>3</sup> *Крымская астрофизическая обсерватория РАН, пгт. Научный*

<sup>4</sup> *Национальный исследовательский Нижегородский  
государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний  
Новгород*

До сих пор вопрос происхождения субтерагерцовой (суб-ТГц) компоненты излучения, т.е. растущего потока радиоизлучения с частотой в диапазоне 100-400 ГГц, наблюдаемой, как правило, в мощных солнечных вспышках, остается неизвестным. С использованием численных кодов FLARIX и RADYN произведено моделирование эволюции плотности и температуры плазмы внутри вспышечной петли, вызванной взаимодействием потоков ускоренных нетепловых электронов с окружающей хромосферной плазмой. На основе полученных модельных параметров вспышечной плазмы на разных высотах рассчитаны временные профили спектральных потоков теплового тормозного излучения в суб-ТГц диапазоне. Обсуждаются полученные результаты моделирования и их сравнение с данными наблюдений. Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (N20-52-26006), Минобрнауки (НИР № 0831-2019-0006), RVO:67985815, 21-16508J of the Grant Agency of the Czech Republic.

**Fast sausage Peregrine solitons as one of the possible  
candidates for the nanoflares**

*Naga Varun Y.<sup>1</sup>, Mikhalyaev B.B.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Special astrophysical observatory of RAS, Nizhny Arkhyz, Russia;  
e-mail: naga.varuny@gmail.com*

<sup>2</sup> *Kalmyk state university, Elista, Russia*

Anomalous coronal heating which is widely known as the coronal heating problem has been the focus of intense research since its discovery. Over decades many mechanisms had been proposed involving magnetic reconnection and

magnetohydrodynamic (MHD) wave heating. Recently the concept of coronal heating by the so-called nanoflares has become popular. Nanoflares are a class of very small flares with a typical energy release of  $< 10^{19}$  Joules but as they are thought to be ubiquitous and frequent even during the solar minimum period, they can deliver the required energy into the corona to keep it at a typical temperature of  $10^6$  K. These flares have an impulsive energy release lasting for very short periods. Although magnetic reconnection is frequently used to understand the physics of the flare generation, we demonstrate a different mechanism by which such events like nanoflares can occur. The proposed mechanism uses the formation of Peregrine fast sausage solitons in coronal loops, which are tied at the chromospheric foot points. Peregrine soliton is a breather like double spatio-temporally localized solution to the nonlinear Schrodinger equation (NSE). Our mathematical modeling demonstrates that these solitons regularly arise at the bases of the coronal loops near the chromospheric foot points and they become more predominant for larger values of the nonlinear coupling coefficient, which describes the strength of nonlinearity in the NSE. This suggests that even for small amplitudes, we may have small bursts in the energy release which may even fall in the category of picoflares.

### **Зональные гармоники солнечного магнитного поля как индексы при прогнозировании солнечной цикличности**

Обридко В.Н.<sup>1,2</sup>, Пипин В.В.<sup>3</sup>, Соколов Д.Д.<sup>1,4,5</sup>,  
Шибалова А.С.<sup>4,5</sup>, Лившиц И.М.<sup>1,6</sup>

<sup>1</sup>ИЗМИРАН, Троицк, Москва; e-mail: [obridko@izmiran.ru](mailto:obridko@izmiran.ru),  
[livsh@gmail.com](mailto:livsh@gmail.com)

<sup>2</sup>ГАО РАН, С.-Петербург

<sup>3</sup>ИСЗФ СО РАН, Иркутск; e-mail: [pip@iszf.irk.ru](mailto:pip@iszf.irk.ru)

<sup>4</sup>Физический факультет МГУ, Москва;  
e-mail: [sokoloff.dd@gmail.com](mailto:sokoloff.dd@gmail.com), [as.shibalova@physics.msu.ru](mailto:as.shibalova@physics.msu.ru)

<sup>5</sup>Московский центр фундаментальной и прикладной математики,  
Москва

<sup>6</sup>ГАИШ МГУ, Москва

Согласно схеме действия солнечного динамо, полоидальное магнитное поле можно рассматривать как источник создания тороидального магнитного поля за счет солнечного дифференциального вращения. По данным о полярном магнитном поля, естественно ожидать, что 25-й цикл солнечной активности будет слабым в единицах числа солнечных солнечных пятен.

Мы предполагаем, что некоторые характеристики с зональных гармоник магнитного поля на поверхности Солнца (такие как, например, величина гармоники  $l = 3$  или эффективный мультипольный индекс) можно использовать в качестве разумных прокси-индексов в дополнение к полярному магнитному полю. Обсуждаются также некоторые особенности индексов солнечной активности в 23-м и 24-м циклах.

**Методы факторного анализа для обработки  
многоволновых данных солнечного радиоизлучения.  
Ч. 1. Анализ главных компонент (РСА)**

***Овчинникова Н.Е., Лебедев М.К., Рипак А.М., Богод В.М.***

*СПбФ САО РАН, Санкт-Петербург;  
e-mail: n.e.ovchinnikova@gmail.com*

Метод главных компонент, впервые предложенный еще К. Пирсоном в 1901 г., есть представление пространства данных в виде суммы взаимно ортогональных собственных подпространств. В качестве главных компонент в пространстве данных последовательно выбираются направления максимального изменения данных: каждая следующая линия максимизирует остаточную вариацию (разброс данных вокруг предыдущей) и т. д. В результате такого определения компоненты оказываются некоррелированными, образуя ортогональный базис. Так как компоненты отсортированы по их вкладу в общую энергию, крупномасштабные структуры представляются небольшим количеством первых главных компонент, тогда как последние компоненты, наоборот, не содержат полезной информации.

В применении к данным солнечного радиоизлучения таким образом выделяется медленно меняющаяся составляющая, а также помеховые и шумовые составляющие, позволяя выявить быстрые процессы в ограниченном спектральном диапазоне или в отдельных областях Солнца и определить их структуру. В данной работе удалось оценить масштаб и период квазипериодической пульсации в диапазоне 3.09–4.03 ГГц области во время микровспышки в АО NOAA 12628 25 января 2017, отмеченной в [1]. Также удалось выявить мелкомасштабные явления в АО NOAA 12793 15 декабря 2020 в диапазоне 1–3 ГГц, наблюдавшиеся при помощи макета нового приемного комплекса [2].

- [1] Nakariakov V.M. et al // *ApJ*, 2018, v. 859, p. 154.
- [2] Lebedev M.K., Ripak A.M., Bogod V.M. // *Proceedings of the All-Russian Conference « Ground-Based Astronomy in Russia. 21st Century»*, Nizhny Arkhyz, 2020. P. 413.

**Методы факторного анализа для обработки  
многоволновых данных солнечного радиоизлучения.  
Ч. 2. Параллельный факторный анализ (PARAFAC)**

***Овчинникова Н.Е., Лебедев М.К., Рипак А.М., Богод В.М.***

*СПбФ САО РАН, Санкт-Петербург;  
e-mail: n.e.ovchinnikova@gmail.com*

Параллельный факторный анализ основан на тензорном разложении массива данных, имеющем единственное решение [1]. Он позволяет включать в модель радиоизлучения Солнца медленно меняющуюся составляющую как отдельную компоненту и одновременно получать спектры высокого разрешения всех отдельных источников радиоизлучения на Солнце для каждого момента времени на протяжении всего периода их наблюдения, что дает возможность отследить начало развития вспышечного процесса по данным наблюдений Солнца на РАТАН-600. Особенности в спектрах соответствуют местам срыва магнитного потока по данным расчетов вспышечно-продуктивных структур магнитного поля [2]. Калибровка по спектральной плотности потока дает возможность количественно оценивать быстрые мелкомасштабные процессы в отдельных областях Солнца на фоне радиоизлучения крупных событий, а также анализировать данные многоазимутальных наблюдений Солнца во всем диапазоне частот действующего спектрополяриметрического солнечного комплекса (3–18 ГГц) РАТАН-600 совместно с данными, полученными при помощи макета нового приемного комплекса диапазона 1–3 ГГц [3].

- [1] Bro R. // Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems 1997, V. 38, No. 2, P. 149.
- [2] Shuhong Yang et al. // The Astrophysical Journal Letters 2017, V. 849, No. 2, P. L21.
- [3] Lebedev M.K., Ripak A.M., Bogod V.M. // Proceedings of the All-Russian Conference « Ground-Based Astronomy in Russia. 21st Century», Nizhny Arkhyz, 2020. P. 413.



## Вариации концентрации космогенных изотопов в эпоху Шпёеровского минимума

*Огурцов М.Г.<sup>1,2</sup>*

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

<sup>2</sup> *Главная Астрономическая обсерватория, Пулковое, С.-Петербург;  
e-mail:*

Четыре ряда данных по концентрации космогенных изотопов (два радиоуглеродных и два бериллиевых) в земных архивах исследованы на временном интервале 1432-1552 гг., охватывающем большую часть Шпёеровского минимума солнечной активности. Показано, что спектральный состав этих временных серий существенно различается. Коэффициенты корреляции между кратковременными (периоды меньше 30 лет) вариациями указанных рядов также не слишком велики. Это может означать, что в эпохи глубоких минимумов солнечной активности колебания концентрации космогенных изотопов слабо связаны с вариациями активности Солнца и отражают изменения других факторов.

## Среднегодовая суммарная площадь солнечных пятен за последние 410 лет: наиболее вероятные значения и пределы их неопределенностей

*Наговицын Ю.А., Осипова А.А.*

<sup>1</sup> *Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,  
Санкт-Петербург*

<sup>2</sup> *Государственный Университет Аэрокосмического  
Приборостроения, Санкт-Петербург, Россия*

Целью данной работы является создание длинного (410-летнего) ряда среднегодовых суммарных площадей солнечных пятен  $AR$  — физически обусловленного индекса активности солнечных пятен. Мы используем телескопические наблюдения индекса  $AR$  в 1832–1868 и 1875–2020 годах, а также связь между  $AR$  и длинными рядами индексов солнечных пятен  $SN$  (международные числа солнечных пятен, версия 2.0) и групп пятен  $GN$  (версия Свальгаарда и Шаттена). Серия Гринвичской обсерватории после 1976 г. дополнена данными Кисловодской горной астрономической станции. При восстановлении  $AR$  по  $SN$  учитывается, что функция  $AR = f(SN)$  имеет нелинейный систематический характер и неопределенность,

связанную с неоднородностью этих индексов. Таким образом, помимо моделирования наиболее вероятных значений  $AR$ , определяются прогностические пределы неопределенности реконструкции. В интервале 1610-1699 мы провели реконструкцию на основе ряда  $GN$  с использованием ранее предложенного метода декомпозиции в псевдофазовом пространстве (DPS). Итоговый индекс  $NO21y$  находится в свободном доступе в сети Интернет [http://www.gaoran.ru/database/csa/derived/AR\\_NO21y.txt](http://www.gaoran.ru/database/csa/derived/AR_NO21y.txt). Показано, что для этого ряда выполняются эмпирическое правило Гневьшева-Оля и эффект Вальдмайера. Вейвлет-анализ выявляет периодичность 8.4–13.8 года для основного цикла (с резким уменьшением периода до глобальных минимумов Маундера и Дальтона) и двухкомпонентного цикла Гляйсберга с типичными периодами 50–60 и 90–110 лет.

**Солнечная активность за последние миллионы лет  
по данным о долгоживущих радионуклидах  
в лунных породах**

*Васильев Г.И.<sup>1</sup>, Дергачёв В.А.<sup>1</sup>, Константинов А.Н.<sup>2</sup>,  
Кудрявцев И.В.<sup>1</sup>, Остряков В.М.<sup>2</sup>, Павлов А.К.<sup>1</sup>,  
Фролов Д.А.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>ФТИ им. А.Ф.Иоффе РАН, С.-Петербург

<sup>2</sup>СПБПУ Петра Великого, С.-Петербург

Лунные породы являются интегральным детектором потоков галактических и солнечных космических лучей (ГКЛ и СКЛ), которые образуют различные долгоживущие радиоактивные изотопы в ядерных реакциях с грунтом. Глубинный профиль концентрации радионуклидов отражает среднюю интенсивность и форму спектров КЛ на временной шкале, определяемой периодом полураспада конкретного изотопа. В настоящей работе проанализированы данные по профилям концентрации  $^{14}C$ ,  $^{26}Al$  и  $^{10}Be$  (периоды полураспада  $5.7 \times 10^3$ ,  $7.2 \times 10^5$  и  $1.4 \times 10^6$  лет, соответственно) в керне лунного грунта, доставленного миссией Аполлон 15. С помощью пакета программ GEANT4 в работе проведены расчеты скорости образования данных изотопов, охватывающие временной период от десятков тысяч до нескольких миллионов лет. Расчетная скорость образования  $^{14}C$  была впервые откалибрована с учётом интенсивности и спектра ГКЛ на шкале 15 тысяч лет, которые были восстановлены с помощью имеющихся данных о содержании  $^{14}C$  в атмосфере Земли.

Используя полученные по  $^{14}C$  результаты, мы показали, что расчетный глубинный профиль концентрации  $^{26}Al$  совпадает с измеренным в предположении, что средние (примерно за 2 миллиона лет) поток и спектр

ГКЛ близки к их современным значениям. Аналогичное рассмотрение для  $^{10}\text{Be}$  показывает невозможность описания экспериментальных данных, используя такие же средние значения потока и спектра ГКЛ на шкале порядка 4 млн. лет. Однако если на эти величины (близкие к современным) наложить дополнительное возможное повышение потока (например, от близкой вспышки Сверхновой ок. 2.5 млн. лет назад, [1]), то достигается хорошее согласие модельного и экспериментального профилей.

[1] Wallner A. et al. //Science. – 2021. – Т. 372. – №. 6543. – С. 742-745.

## Развитие мировой сети Службы Солнца и российская сеть

Певцов А.А.<sup>1,2</sup>, Тлатов А.Г.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*National Solar Observatory, Boulder, USA; e-mail: apevtsov@nso.edu*

<sup>2</sup>*Главная Астрономическая Обсерватория РАН, С.-Петербург*

<sup>3</sup>*Кисловодская Горная астрономическая станция ГАО РАН,  
Кисловодск; e-mail: tlatov@mail.ru*

Вариации магнитного поля и другие активные процессы на солнце модулируют солнечный ветер и создают переменчивую космическую погоду в околоземном пространстве, а также в окрестностях Луны и Марса – основных целей будущих пилотируемых полётов. Создание моделей краткосрочного и долгосрочного прогноза космической погоды требует непрерывных наблюдений Солнца в разных диапазонах длин волн. Такие наблюдения могут осуществляться с наземной сети однотипных телескопов с долготным расположением, позволяющим круглосуточные наблюдения Солнца. В настоящее время, существует несколько таких сетей. Сеть солнечных оптических телескопов (Solar Observing Optical Network – SOON) включает три станции расположенных в США (штат Нью Мексико), Западной Австралии, и Италии. Наблюдения включают отождествление и измерение площадей активных областей и их  $\text{H}\alpha$  наблюдения. Мониторинг радиоизлучения проводится сетью солнечных радио телескопов RSTN (Radio Solar Telescope Network) расположенных в США (штаты Массачусетс и Гавайи), Западной Австралии, и Италии. Управление сетями SOON and RSTN осуществляется ВВС США. Сеть станций GONG (Global Oscillations Network Group) состоит из шести телескопов, расположенных в США (штаты Калифорния и Гавайи), Западной Австралии, Индии, на Канарских островах, и Чили. Каждая станция создаёт карты

изменения Допплеровских скоростей для гелиосейсмологии, продольного магнитного поля, и изображения Солнца в  $H\alpha$ . Управляется сеть Национальной Солнечной Обсерваторией США (NSO). Существует неформальная глобальная сеть  $H\alpha$  телескопов (Global High-Resolution  $H\alpha$  Network). Наблюдения проводятся независимыми обсерваториями и собираются в общую базу данных. Несколько глобальных сетей находятся на стадии разработки: CHAIN (Continuous  $H\alpha$  Imaging Network, Япония), ngGONG (next generation GONG, США), SPRING (Европейский Союз), SOMNET (Solar Activity MOF Monitor, Венгрия).

Ранее в России при поддержке федеральной целевой программы (ФЦП) в период 2008-2014 были созданы прототипы телескопов для наблюдения Солнца, в том числе магнитографы СТОП и патрульные автоматические телескопы. Часть из них, в том числе один магнитограф и автоматические патрульные телескопы, работают и в настоящее время. Таким образом, результат ФЦП оказался положительным. Россия оказалась второй страной в мире, после США, способная проводить прогнозирование КП по схеме SWPC/NOAA на основе своих наблюдений. Однако полностью запустить наблюдательную сеть (Уссурийск, Иркутск, Кисловодск) так и не удалось. Также сейчас появилась необходимость модернизации уже работающих телескопов. В настоящее время необходим новый универсальный телескоп для прогнозирования космической погоды, с условным названием СПОТ (Солнечный патрульный оптический телескоп нового поколения). На основе полученного опыта эксплуатации телескопа-магнитографа СТОП и патрульных телескопов, телескоп СПОТ предназначен для наблюдений магнитного поля на фотосфере и непрерывных наблюдений солнечной активности в хромосферных линиях  $H\alpha$  и Ca II K на полном диске Солнца.

В докладе будут представлены обзор современного состояния наземных сетей для наблюдения Солнца и планы их дальнейшего развития в России и за рубежом.

**Вариации потоков протонов ГКЛ в период 2012–2020  
по данным с КА РФ на ГСО**

**Козюков А.Е.<sup>1</sup>, Протопопов Г.А.<sup>1</sup>, Бондарев Е.А.<sup>1</sup>,  
Чубунов П.А.<sup>1</sup>, Ретин А.Ю.<sup>2</sup>, Денисова В.И.<sup>2</sup>,  
Цургаев А.В.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Филиал АО “ОРКК” - “НИИ КП”, Москва;  
e-mail: g.a.protopopov@mail.ru*

<sup>2</sup> *Институт прикладной геофизики, Москва;  
e-mail: director@ipg.geospace.ru*

Космические аппараты разработки РФ (КА РФ) функционируют на геостационарной орбите (ГСО) уже большую часть 24-го цикла и 25-й цикл солнечной активности, что делает их полезными инструментами для мониторинга космической погоды и климата.

В данном докладе проведен краткий обзор измерений, сделанных КА РФ на ГСО. В ходе работы было проведено сравнение с аналогичными данными GOES. Были проанализированы временные профили интегральных потоков протонов и интегральные спектры.

Используемые бортовые измерения:

- суточные величины потоков протонов GOES [1]:  $E \geq 1$  МэВ,  $E \geq 10$  МэВ,  $E \geq 100$  МэВ;
- величины потоков протонов с КА РФ на ГСО № 1 [2]:  $10 \leq E \leq 20$  МэВ,  $20 \leq E \leq 40$  МэВ,  $40 \leq E \leq 110$  МэВ;

Наблюдается качественное соответствие данных отечественных и зарубежных аппаратов на ГСО, что делает КА РФ на ГСО дополнительными отечественными инструментами для мониторинга космической погоды и климата.

[1] <http://www.ngdc.noaa.gov/stp/satellite/goes/dataaccess.html>

[2] Anashin V.S., Protopopov G.A., Milovanov Y. A. // “Monitoring of space radiation in Russian federal space agency”, 12th European Conference on Radiation and Its Effects on Components and Systems, Sep. 2011.

## **Разветвление векового солнечного цикла Глейсберга как проявление частотной модуляции**

***Птицына Н.Г., Демина И.М.***

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

Среди цикличностей солнечной активности СА с периодом более 22 лет околостолетний цикл Глейсберга является наиболее известным. Этот цикл единственный может быть прямо связан с формированием солнечных пятен. В данной работе методами Фурье и вейвлет анализа проведено исследование цикличности СА, выраженной числом солнечных пятен, реконструированных из космогенных изотопов (с 9400 г. до н.э.) в диапазоне периодов цикла Глейсберга. Найдено, что цикл Глейсберга состоит из трех выделенных ветвей:  $\sim 60$ ,  $\sim 88$  и  $\sim 140$  лет. Периоды и амплитуды компонент такой трехчастотной структуры меняются со временем, вырождаясь иногда в двухчастотную картину. 88-летний цикл рассматривается как основной, источником которого является солнечное динамо. А 60 и 140-летние циклы являются результатом частотной модуляции основного цикла, которые проявляются в спектре как сумма частот — основной и модулятора, и разность этих же частот. Модулирующий цикл с периодом  $\sim 200$  лет, скорее всего, имеет внесолнечное происхождение.

## **Солнечная модуляция антипротонов в 23/24 циклах солнечной активности**

***Роденко С.А., Галикян Н.Г., Майоров А.Г., Юлбарисов Р.Ф.***

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

Изучение характеристик галактических космических лучей (ГКЛ), включая античастицы, в экспериментах на орбите Земли представляет интерес для исследования их источников, понимания механизмов генерации и распространения в межзвёздном и межпланетном пространстве. Сегодня данные о потоке антипротонов ГКЛ получены в разных прецизионных экспериментах, таких как PAMELA [1], BESS [2] и AMS-02 [3]. В области низких энергий (ниже десятка ГэВ) наблюдается их несогласие. Объяснение может быть дано, если учесть, что эксперименты проводились в разные периоды времени и имели разную длительность, т.е. измеряли

в разных солнечных условиях. Для подтверждения необходимо восстановить поток антипротонов в зависимости от даты измерения и провести численное моделирование эффекта солнечной модуляции.

В работе приводятся результаты измерения временной динамики потока антипротонов ГКЛ по данным эксперимента PAMELA, полученные при обработке научной информации за период с 06.2006 до 01.2016, а также сравнение с измерениями BESS и AMS-02.

Для анализа данных проведено численное моделирование распространения галактических антипротонов в гелиосфере в разных солнечных условиях с помощью алгоритма расчета траекторий заряженных частиц в магнитном поле [4]. Интерпретация экспериментальных данных связана с зарядовой зависимостью дрейфа частиц в гелиосфере, которая позволила качественно воспроизвести динамику потока антипротонов в 23/24 циклах солнечной активности.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 19-72-10161).

- [1] Picozza P. et al. // *Astropart. J.*, 2007, v. 27, p. 296.
- [2] Abe K. et al. // *Phys. Lett. B.*, 2008, v. 670, p. 103.
- [3] Aguilar M. et al. // *Physics reports*, 2020.
- [4] Golubkov V. S. // *Bull. Russ. Acad. Sci.: Phys.*, 2021, v. 85, p. 383.

### **Математическое моделирование зарождения солнечных пятен на фотосферном уровне Солнца**

*Романов Д.В., Романов К.В., Романов В.А.,  
Степанов Е.А., Майоров А.О.*

*Красноярский государственный педагогический университет,  
Красноярск,  
Саратовский государственный университет, Саратов;  
e-mail: kvromanov@mail.ru*

В работе исследуется адиабатическое охлаждение магнитного потока при всплывании из средних слоёв конвективной зоны на фотосферный уровень Солнца. При развитии неустойчивости Паркера в длинноволновой части спектра колебаний магнитных полей (волновое число  $m = 10$ , длина волны  $\lambda = 440000$  км – характерный размер активных областей на Солнце) для начальной напряжённости магнитного поля в трубке  $H_0 = 4 \cdot 10^6$  Гс потеря устойчивости колебаний магнитного поля реализуется с глубины

93800 км ниже фотосферного уровня. Начальная температура газа в трубке  $T_0 = 751000$  К. Через 5 часов трубка достигает фотосферного уровня с параметрами  $H_{ph} = 326$  Гс, при этом температура газа в трубке  $T_{ph} = 594$  К. Режим подъема реализуется с дозвуковыми скоростями. При приближении к фотосферному уровню трубка резко тормозится. Температура газа в трубке нелинейно понижается, а плотность газа резко увеличивается по сравнению с плотностью окружающего газа. В итоге вблизи фотосферного уровня реализуется плотная холодная плазма с пониженными значениями напряженности магнитного поля.

Рассчитаны распределения МГД-параметров трубки на небольших глубинах от фотосферного уровня (до глубин 2000 км), позволяющие проследить изменение МГД-параметров с ростом глубины по эффекту Вилсона. С увеличением глубины от фотосферного уровня напряженность магнитного и температура газа в трубке нелинейно растут до значений, удовлетворительно согласующихся с наблюдательными данными. Обсуждается проблема устойчивости зарождения солнечных пятен.

### **Космическая «Дуга Струве» как индикатор проявлений солнечной и геомагнитной активности**

***Рябов М.И.<sup>1</sup>, Сухарев А.Л.<sup>1</sup>, Орлюк М.И.<sup>3</sup>, Безруков В.<sup>2</sup>,  
Галанин В.В.<sup>1</sup>, Иванчишин О.Л.<sup>4</sup>, Событняк Л.И.<sup>1</sup>,  
Комендант В.Г.<sup>1</sup>***

<sup>1</sup> *Одесская обсерватория «УРАН-4» Радиоастрономического института НАНУ*

<sup>2</sup> *Вентпильский Международный Радиоастрономический Центр (Латвия)*

<sup>3</sup> *Институт геофизики имени С.И. Субботина НАНУ*

<sup>4</sup> *Львовский Физико-механический институт НАНУ*

Представлен латвийско-украинский проект «Космическая «Дуга Струве» как индикатор проявлений солнечной и геомагнитной активности». Вдохновляющим примером для его организации стал проект Геодезическая дуга Струве — созданный для исследования формы Земли, ее параметров и размера. В проекта были 265 триангуляционных пункта, протянувшихся более чем на 2820 километров от Норвегии через Швецию, Финляндию, Россию, Эстонию, Латвию, Литву, Беларусь, Молдову и Украину до побережья Черного моря. Измерения по проекту «Геодезическая дуга Струве» проводились под руководством директора Пулковской обсерватории и Дерптской обсерватории Фридриха Георга Вильгельма Струве в течении 40 лет, с 1816 до 1855 гг. Результатом совместного



сотрудничества Вентспилского Международного радиоастрономического Центра в Латвии (VIRAC) и Радиоастрономического института НАНУ (RI NANU) в Украине вдоль «Дуги Струве» сложился ансамбль совместных исследований на радиотелескопах РТ-32, РТ-16 (сантиметровый диапазон), LOFAR VIRAC (декаметровый и метровый диапазон) и радиотелескопов «Уран-4» RI NANU (декаметровый диапазон). Латвийская часть Дуги Струве находится в области высоких широт, а украинская часть в области средних широт. Кроме того, вдоль Дуги Струве располагаются Одесская, Львовская и Рижская магнитные аномалии, что формирует особый характер отклика на проявления солнечной и геомагнитной активности в этих областях. В рамках проекта радиоастрономические наблюдения будут дополнены данными измерений магнитных обсерваторий Института геофизики НАНУ в Одессе, Киеве и Львове. Институтом геофизики НАНУ также будет установлен магнитометр в обсерватории Ирбене, где располагаются радиотелескопы VIRAC. Также к проводимым исследованиям будет подключен радиотелескоп «УРАН-3» Львовского Физико-механического института НАНУ. С точки зрения современных исследований представляет интерес изучение отклика обращенной в космос «Дуги Струве» по ее реакции на проявления солнечной и геомагнитной активности с учетом характера подстилающей поверхности. Регистрация этих региональных эффектов может быть осуществлена путем исследования характера мерцаний потоков внегалактических радиоисточников из которых могут быть выявлено спорадический характер возмущенности ионосферы и приливные явления в верхней атмосфере Земли формирующих характер региональных проявлений космической погоды. Все эти эффекты были изучены в результате мониторинговых программ проводимых на радиотелескопе «УРАН-4» РИ НАНУ. Результаты проведенных ранее исследований в зоне Одесской магнитной аномалии показали наличие кратковременных пульсаций в этой зоне в периоды магнитных бурь, которые не были отмечены на станции в Киеве. По данным каталога магнитных бурь периода мониторинга вариаций потоков космических радиоисточников на РТ «УРАН-4» с 1987 по 2009 гг было выявлено что суммарная годовая продолжительность магнитных бурь в зоне магнитной аномалии Одессы показала большую их продолжительность по сравнению с данными магнитной обсерватории ИЗМИРАН. Таким образом, реализация данного проекта позволит получить уникальные данные о региональных проявлениях космической погоды в зависимости от широты и наличия областей аномального и регулярного магнитного поля.

## Причинная связь между климатическими индексами океана и солнечной постоянной за последние 100 лет

*Скакун А.А., Волобуев Д.М.*

*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,  
С.-Петербург; e-mail: a\_skakun@mail.ru*

Мы оценили причинную связь между океаническими индексами NAO, NINO 3.4, PDO и солнечной постоянной TSI на протяжении последнего столетия, используя метод условных дисперсий [1]. В качестве критерия наличия или отсутствия связи между временными рядами обычно используется корреляция по Пирсону, но для нелинейных систем, таких как климат, она не всегда показательна. Поэтому для детектирования связей в системе Солнце-климат мы реализовали один из методов нелинейной динамики.

Для калибровки метода мы использовали концептуальную модель взаимодействия океан-атмосфера [2]: добавили в нее форсинг в виде TSI и показали, как метод работает в идеальном случае и при наличии шума в данных. Результат работы метода при наличии шума в данных оказался очень близким к полученному для эмпирических рядов.

Выявлено, что 1) метод не может показать наличие или отсутствие связи для рядов NAO и TSI, NINO и PDO; 2) TSI влияет на NINO 3.4 и PDO; 3) NAO влияет на NINO 3.4.

[1] Šenys A. // Physica D, 1991, v. 52, n. 2 - 3, p. 332.

[2] Jin F.F. // J. Atmos. Sci, 1997, v. 54, n. 7, p. 811.

## Суб-терагерцовые наблюдения солнечных протуберанцев на частотах 93 и 140 ГГц.

*Смирнова В.В.<sup>1</sup>, Рыжов В.С.<sup>2</sup>, Цап Ю.Т.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *ФГБУН Крымская Астрофизическая Обсерватория, пгт Научный;  
e-mail: vsvvid.smirnova@yandex.ru*

<sup>2</sup> *Московский государственный технический университет им. Н.Э.  
Баумана, Москва; e-mail: v\_ryzhov@mail.ru*

Проведены наблюдения интенсивности и круговой поляризации радиоизлучения солнечных протуберанцев на частотах 93 и 140 ГГц по данным радиотелескопа РТ-7,5 МГТУ им. Н.Э. Баумана, в сравнении с данными

об интенсивности в линии  $H_{\alpha}$ , получаемые на спектрографе HFSA обсерватории Ondřejov, и данными о распределении интенсивности излучения в линии  $304\text{\AA}$ , по наблюдениям на инструменте AIA/SDO. Сделаны оценки температуры, степени круговой поляризации и магнитного поля исследуемых протуберанцев.

**Каталог магнитных бурь для зоны одесской магнитной аномалии, как отклик на проявления космической погоды в 21–24 циклах солнечной активности**

*Собитняк Л.И.<sup>1</sup>, Рябов М.И.<sup>1</sup>, Сузарев А.Л.<sup>1</sup>,  
Орлюк М.И.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Одесская обсерватория «УРАН-4», Радиоастрономического института НАНУ*

<sup>2</sup>*Институт геофизики им. С.И. Субботина НАНУ*

С 1948 года, на магнитной обсерватории «Одесса» Института геофизики НАНУ проводятся измерения вариаций магнитного поля Земли. Одновременно регистрируются измерения трех элементов магнитного поля: горизонтальная составляющая (H), вертикальная составляющая (Z) и склонение (D).

На основании данных магнитной обсерватории, составлен цифровой каталог магнитных бурь для периода проведения мониторинга потоков мощных космических радиоисточников проводимого на РТ «УРАН-4». Каталог был составлен для выявления причин изменения уровня потока космических радиоисточников, по данным наблюдений на радиотелескопе УРАН-4. Для магнитных бурь периода 1987–1995 гг., 2000–2009 годов указаны: дата и время начала и окончания магнитной бури, продолжительность магнитной бури, амплитуда трех элементов магнитного поля: H, Z, D, характеристика типа магнитной бури. Планируется составить каталог для 21–24 циклов солнечной активности.

Магнитная станция «Одесса» расположена вблизи зоны магнитной аномалии. Для выявления реакции в характере геомагнитной активности, возникающей вследствие существования магнитной аномалии, было проведено сравнение геомагнитных возмущений в Одессе и Москве (ИЗМИРАН). В результате сравнения показано, что суммарная ежегодная продолжительность магнитных бурь в Одессе больше, чем в Москве. Это демонстрирует особую роль магнитной аномалии в развитии геомагнитных возмущений.

## Звездное динамо и строение токовых слоев

Соколов Д.Д.<sup>1,2</sup>, Малова Х.В.<sup>1</sup>, Маевский Е.В.<sup>3</sup>,  
Юшков Е.В.<sup>1,3</sup>, Попов В.Ю.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> МГУ, Москва; e-mail: sokoloff.dd@gmail.com

<sup>2</sup> ИЗМИРАН, Троицк

<sup>3</sup> ИКИ РАН, Москва

Магнитное поле в окосолнечном пространстве включает токовые слои, которые создаются в конечном счете в результате работы солнечного динамо в глубине конвективной зоны Солнца. При распространении этого магнитного поля из глубин конвективной зоны его структура существенно меняется, так что не очевидно, что именно мы можем сказать о солнечном динамо из наблюдения токовых слоев. Этот вопрос недостаточно разработан для Солнца, тем более он малоисследован для других звезд, в которых могут, в принципе, генерироваться магнитные поля, структура которых существенно отличается от структуры магнитного поля Солнца. В докладе рассказывается о наших усилиях, направленных на прояснение этих вопросов.

## Тороидальная магнитная конфигурация типа «ТОКАМАК» в солнечной атмосфере

Соловьев А.А., Королькова О.А.

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

Исследуются свойства осесимметричной магнитогидростатической конфигурации, напоминающей по своей геометрии лабораторный токамак. На Солнце эта структура погружена горизонтально в однородное внешнее магнитное поле. Для описания внешней гидростатической среды — солнечной атмосферы — использована модель (Avrett & Loeser, 2008). Рассчитаны равновесные распределения плотности, давления и температуры плазмы внутри такой системы, показаны возможности накопления магнитной энергии и её вспышечного выделения при достижении в системе критических значений плотности электрического тока.

## Бессиловые магнитные жгуты на Солнце

*Соловьев А.А.*

*ГАО РАН*

Бессиловые магнитные жгуты (скрученные силовые трубки, обладающие осевой симметрией) в высокопроводящей астрофизической плазме имеют два основных свойства: 1. Экранированность тока, т.е. равенство нулю полного электрического тока, протекающего через поперечное сечение жгута:  $I = 0$ . Для поперечного равновесия жгута с бессиловой внутренней структурой необходимо определенное внешнее давление (газовое+ магнитное). В разреженной солнечной короне роль такого удерживающего жгут от бесконечного расширения фактора играет только внешнее магнитное давление. Первое из условий предполагает наличие некоторой специфической цилиндрической поверхности внутри магнитного жгута, на которой плотность тока  $j$  меняет свой знак, так что направление электрического тока на периферии жгута (обратный ток) противоположно направлению тока на его оси (прямой ток). Численные расчеты показывают, что когда внешнее магнитное давление падает до определенного предела, то на этой поверхности перемены знака две функции — плотность тока  $j(r)$  и бессиловой параметр  $\alpha(r)$  испытывают разрыв второго рода, т.е. обращаются в +/- бесконечность по обеим сторонам данной поверхности. Это приводит к диссипативному коллапсу системы, возбуждению плазменных неустойчивостей и бурному энерговыделению. Триггером процесса служит резкое падение внешнего магнитного давления при выходе вершины магнитной петли в разреженные слои солнечной атмосферы. По-видимому, полученный эффект может играть существенную роль во вспышечных процессах и общем нагреве солнечной короны.

## О природе рентгеновского излучения коричневых карликовых звёзд

*Степанов А.В.<sup>1,2</sup>, Зайцев В.В.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,  
С.-Петербург; e-mail: [aster44@mail.ru](mailto:aster44@mail.ru)

<sup>2</sup> Физико-технический институт им. А.Ф.Иоффе РАН,  
С.-Петербург; e-mail:

<sup>3</sup> Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород;  
e-mail: [za130@ipfan.ru](mailto:za130@ipfan.ru)

На основе наблюдательных данных космических обсерваторий Chandra, XMM–Newton и Extreme Ultraviolet Explorer исследованы две возможности происхождения стационарного рентгеновского излучения ультрахолодных звезд на примере коричневых карликов VB 10 (M8) и TVLM 513-46546 (M8,5): (а) излучение горячих корон и (б) излучение системы магнитных петель, заполненных плотной горячей плазмой. Показано, что источником теплового рентгеновского излучения являются корональные магнитные петли, плазма которых нагревается до температуры  $T \sim 10^7$  К вследствие диссипации текущих в петлях электрических токов, генерируемых конвекцией вещества звезды. Определены параметры петель и их количество ( $\sim 10^3$ ), необходимые для реализации наблюдаемой меры эмиссии рентгеновского излучения. Для VB 10 и TVLM 513-46546 генерация рентгеновского излучения системой горячих петель является энергетически более выгодным по сравнению со случаем горячей короны, поскольку энергетические потери их корон, связанные с теплопроводностью, на один-два порядка превышает аналогичные потери из короны Солнца. Это подтверждается также результатами анализа стационарного микроволнового излучения TVLM 513-46546.

**Солнечный спектрально-поляризационный комплекс  
для наблюдений в широких динамическом и частотном  
диапазонах на РАТАН-600**

**Стороженко А.А., Богод В.М., Перваков А.А.,  
Шлензин С.В.**

*Санкт-Петербургский филиал Специальной астрофизической  
обсерватории Российской академии наук, Санкт-Петербург;  
e-mail: acs-work@mail.ru*

В 2016г. в антенной системе Южного сектора с Перископом на РАТАН-600 установлена и введена в эксплуатацию новая версия широкодиапазонного спектрально-поляризационного комплекса для солнечных наблюдений — ССПК-16. Для понимания процессов приводящих к возникновению активности Солнца требуется регистрация потока излучения от структур активных областей в большом динамическом диапазоне, от сигналов на уровне спокойного Солнца до мощных событий с яркостной температурой порядка  $10^7$  К [1]. С другой стороны, для оценки качества антенной системы, существует необходимость в измерении слабых сигналов от удаленных объектов. Структура комплекса разработана с учётом перечисленных противоречивых требований и содержит систему распределенных управляемых цифровым сигналом аттенюаторов, что позволяет быстро перестраивать характеристики комплекса под конкретную решаемую задачу. ССПК-16 обеспечивает детектирование и регистрацию измеряемых сигналов в полосе 3-18 ГГц с широким, порядка 60 Дб, динамическим диапазоном [2]. В настоящей работе рассмотрены принципы построения комплекса ССПК-16, а так же представлены некоторые результаты наблюдений полученные с применением этой системы.

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

- [1] Яснов Л.В., Богод В.М., Гофман А.А., Ступишина О.М. О спектре и физических условиях в областях генерации микровсплесков в дециметровом диапазоне длин волн //Астрофизический бюллетень. 2017, т. 72, № 1, с. 63–721.
- [2] Storozhenko A., Bogod V., Shlenzin S., Pervakov A., Ripak A., Khaikin V., Lebedev M., Ovchinnikova N. Multichannel registration in a wide wavelength range with RATAN-600 //в сборнике: Ground-based astronomy in russia. 21St century. Proceedings of the All-Russian Conference. 2020. С. 405-406.

**Система автоматического управления приемным  
зеркалом РАТАН-600 для режима слежения**

*Стороженко А.А., Богод В.М., Лебедев М.К.,  
Хайкин В.Б., Перваков А.А., Гречкин А.А.*

*Санкт-Петербургский филиал Специальной астрофизической  
обсерватории Российской академии наук, Санкт-Петербург;  
e-mail: acs-work@mail.ru*

Радиотелескоп РАТАН-600 работает в режиме пассажного инструмента. Ежедневно проводится пять наблюдений Солнца в азимутах от  $+24^\circ$  до  $-24^\circ$  через  $12^\circ$ . Одним из перспективных направлений развития методик наблюдения на РАТАН-600 является внедрение новых режимов сопровождения облучателем и кареткой объекта наблюдения. Применение режима слежения посредством движения облучателя и каретки позволяет значительно до 10 раз увеличить время наблюдения за процессами на Солнце, увеличить количество периодических наблюдений Солнца, однако штатный комплекс технических средств не позволяет реализовать требуемые режимы движения облучателя в полной мере [1]. В 2019-2021 г. был разработан проект, создана новая АСУ облучателя и проведена модернизация устаревшего электротехнического оборудования облучателя тип 3. В настоящей работе, рассматривается АСУ движением облучателя тип 3 и каретки, показана ее структура, рассмотрены новые возможности реализации режимов сопровождения ранее недоступные на радиотелескопе РАТАН-600.

*работа выполнена при поддержке гранта РФФИ: 18-29-21016*

- [1] Storozhenko A., Lebedev M., Ovchinnikova N., Bogod V., Khaikin V., Ripak A., Pervakov A., Grechkin A. The tracking mode for the ratan-600 southern sector with the periscope в сборнике: Ground-based astronomy in russia. 21st century. Proceedings of the All-Russian Conference. 2020. С. 407-408.



## Отождествление магнитной структуры факельного образования в УФ-диапазоне

*Стрекалова П.В.<sup>1</sup>, Смирнова В.В.<sup>2</sup>, Наговицын Ю.А.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> ГАО РАН; e-mail: *auriga-lynx@yandex.ru*

<sup>2</sup> Крымская астрофизическая обсерватория РАН, пгт. Научный

По данным SDO/AIA о распределении интенсивности в ультрафиолетовых линиях проведено детальное исследование структуры и локализации факельного образования на разных высотах солнечной атмосферы. Получена зависимость температуры факельного образования от высоты над фотосферой, исходя из параметров анализируемых линий. Проведено сравнение результатов с аналитическими моделями аналогичных мелкомасштабных образований.

## Последовательные вспышки X5.4 и X1.3 7 марта 2012 года и сопровождавшие их корональные выбросы массы

*Струмминский А.Б.<sup>1</sup>, Григорьева И.Ю.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Институт космических исследований РАН, Москва;  
e-mail: *astrum@iki.rssi.ru*

<sup>2</sup> Главная (Пулковская) обсерватория РАН, С.-Петербург;  
e-mail: *irina.2014.irina@mail.ru*

Отсутствие на текущий момент (25 августа 2021 года) новых мощных солнечных вспышек позволяет еще раз обратить внимание на знаковые события прошедшего 24-го солнечного цикла. К ним, безусловно, относится пара вспышек X5.4 и X1.3 7 марта 2012 года, которые произошли в одной активной области с задержкой около одного часа. Они сопровождались длительным (> 20 часов)  $\gamma$ -излучением > 100 МэВ [1]. Эта пара вспышек по отношению интенсивностей мягкого и жесткого рентгеновского (SXR и HXR) излучения во многом напоминает событие 26 октября 2003 года [2], когда на фазе спада SXR вспышки наблюдался всплеск нетеплового излучения („burst-on-tail“ – BOT [3]). Каждая вспышка X5.4 и X1.3 7 марта 2012 года сопровождалась своим корональным выбросом массы (КВМ) со средней скоростью 2686 км/с и 1826 км/с, соответственно, по данным коронографа SOHO/LASCO.

В докладе будут представлены результаты исследования взаимосвязи вспышек и КВМ, возможного влияния первой вспышки X5.4 на вторую X1.3. Предварительно: 1) большой рентгеновский балл первой вспышки

X5.4 связан с наличием выраженных эффектов хромосферного испарения; 2) отсутствие наблюдаемого хромосферного испарения во второй вспышке X1.3 можно объяснить наличием только высоких корональных петель, оставшихся после первой вспышки; 3) в обеих вспышках КВМ ускорялись за 5-10 мин до основных HXR всплесков; 4) в обеих вспышках заряженные частицы ускорялись на постэруптивной фазе. Эти факты важны для объяснения механизма ускорения солнечных протонов и, соответственно, понимания природы длительного  $> 100$  МэВ  $\gamma$ -излучения.

- [1] Ajello, M., Albert, A., Allafort, A. et al. // *Astrophys. J.*, 2014, v. 789, no. 1, id.20.
- [2] Struminsky A., Gan W. // *Jornal of Physics: Conf.Ser.*, 2015, v. 632, no. 1, id.012081.
- [3] Zimovets, I.V., Sruminsky, A.B. // *Sol. Phys.*, 2012, v. 281, no.2, p. 749.

### **Модернизация каталога горячих струй и перспективы его развития**

*Ступишин А.Г.<sup>1</sup>, Анфиногентов С.А.<sup>2</sup>, Шендрик А.В.<sup>3</sup>,  
Кальтман Т.И.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> *Санкт-Петербургский государственный университет,  
С.-Петербург, Россия; e-mail: agstup@yandex.ru*

<sup>2</sup> *Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск, Россия*

<sup>3</sup> *Специальная астрофизическая обсерватория РАН, С.-Петербург,  
Россия*

Создаваемый в последние три года Каталог горячих солнечных струй (<https://prognoz2.sao.ru/coronal-jets-catalog/>) подвергся существенной переработке. Ранее данные были представлены в таблице, теперь Каталог организован в виде базы данных с удобным веб-интерфейсом, ориентированным на поиск и работу с информацией для всех заинтересованных пользователей. Также был значительно улучшен алгоритм поиска струй: события выделяются по последовательностям бегущей разности в крайнем ультрафиолетовом диапазоне в трехмерном пространстве «координаты-время» с помощью методов математической морфологии. События в каталоге пересчитаны обновленным алгоритмом, результаты в виде найденных деталей (отдельных струй) представлены в виде анимаций вместе с найденными параметрами струи (длительность, координаты, геометрические характеристики и др.).

В докладе показана организация базы данных, вид веб-интерфейса, приведены примеры построенных изображений, включая найденные струи и сопровождающую информацию (данные радионаблюдений на различных инструментах, экстраполяции магнитных полей в корону и т.д.).

Работа выполнена при поддержке Российским фондом фундаментальных исследований, проект № 18-29-21016 мк.

### **Соответствие вариаций космической погоды атмосферным циркуляционным процессам**

*Ступишина О.М.<sup>1</sup>, Головина Е.Г.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> *Санкт-Петербургский государственный университет,  
С.-Петербург; e-mail: olgastupishina@yandex.ru*

<sup>2</sup> *Российский государственный гидрометеорологический  
университет, С.-Петербург; e-mail: goloveg@yandex.ru*

В работе представлены некоторые результаты исследования состояния космической погоды при различных макросиноптических процессах во внетропических широтах Северной Атлантики и Евразии. Эти процессы определяют типы циркуляции атмосферы: Е-тип (восточный перенос в тропосфере, который соответствует стабильному антициклону над континентом), W-тип (западный перенос) и С-тип (меридиональный перенос).

Временной интервал исследования: 01.01.2007 – 01.01.2014. Это соответствует: ветви падения Солнечной активности (СА) 23 цикла, минимуму СА, ветви подъема 24 цикла СА, максимуму 24 цикла СА.

В ходе исследования выявлены различные периоды сохранения типов циркуляции: (5-7) дней, что соответствует Естественному Синоптическому Периоду (ЕСП) в европейском регионе – за время исследования было зарегистрировано 95 случаев ЕСП – это 45% всех установленных периодов; (7-10) дней – 27% (58 случаев), и Длительный Период (ДП), который длился более 10 дней – 28% (59 случаев).

В работе проведено сравнение состояние космической погоды при началах ЕСП и ДП разных типов циркуляции.

Результаты:

1. Моды распределения ДП-циркуляций пришлись на максимум СА и на ветвь роста СА (37% и 36% всех случаев ДП соответственно).

2. Тип ДП-Е встречается в 56% всех случаев ДП.

3. Наиболее часто ДП-Е-тип регистрировался на ветви роста СА (24% всех ДП).

4. Поведение всего комплекса параметров космической погоды специфично для ДП и отличается от него для ЕСП различных типов циркуляции.

5. В работе перечислены конкретные параметры космической погоды, которые отличают моменты начала ДП-циркуляций от начала ЕСП-циркуляций.

### **Наблюдения восходящих потоков вещества в хромосфере**

***Тлатов А.Г., Березин И.А.***

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

На Кисловодской Горной астрономической станции спроектированы, изготовлены и введены в режим эксплуатации автоматические патрульные оптические телескопы. Телескопы выполнены по схеме спектрогелиографов, и осуществляют сканирование Солнца в центре и крыльях выбранных спектральных линий. Регистрация спектров осуществляется в хромосферных линиях Н-альфа и СаIIК. Телескопы имеют разную конструкцию. Патрульный телескоп в линии СаIIК выполнен в однообъёмной схеме. Ось телескопа направлена на мировую, и в течение наблюдений весь телескоп, включая спектрограф, вращается. Сканирование по щели спектрографа осуществляется магнитными подвижными элементами. Телескоп в линии Н-альфа выполнен по стандартной схеме спектрогелиографа, ведение Солнца осуществляется целостатом.

В данной работе мы изучили потоки вещества на изображениях полного диска Солнца в линии Н-альфа по данным наблюдений патрульного солнечного телескопа-спектрогелиографа. Телескоп регистрирует полный профиль спектральных линий, что позволяет исследовать их характеристики в активных и спокойных областях Солнца. Телескоп ведёт непрерывные наблюдения Солнца со временем сканирования диска около одной минуты. Мы выполнили анализ данных наблюдений в период 09.2015-07.2020 гг.

Обнаружено, что в активных областях Солнца, видимых на диске Солнца как области яркой интенсивности, присутствуют восходящие потоки вещества. Средняя скорость восходящих потоков составляет около  $V_{av} \sim 500$  м/с. Максимальные скорости в ярких областях имеют максимум распределения  $V_{mx} \sim 2000$  м/с. Скорость слабо меняется от фазы солнечного цикла, площади и относительной яркости активных областей и направлена, преимущественно, вертикальна вверх.

## Сравнительный анализ свойств групп солнечных пятен и методов подсчета индекса пятен

*Тлатова К.А., Васильева В.В., Березин И.А., Тлатов А.Г.*

*Кисловодская Горная астрономическая станция ГАО РАН;  
e-mail: ktlatov@mail.ru*

Мы выполнили оцифровку наблюдений групп солнечных пятен обсерватории Локарно на ежедневных зарисовках. Данные представлены в табличном виде. Таблицы включают в себя характеристики групп пятен, например, класс, число пятен в группе, координаты. И в виде зарисовок диска Солнца, на котором отображены все пятна и полутени, принимающих участие в подсчете индекса пятен.

При вычислении индекса солнечных пятен используются как регулярные пятна, так и поры. В регулярных пятнах присутствуют ядра и хорошо развитая полутень. Поры представляют собой малые пятна, площадью порядка 20 мдп и менее, в которых полутень отсутствует. В Цюрихской классификации групп солнечных пятен присутствуют классы от А до J. Как правило, эти классы соответствуют процессу развития и распада групп солнечных пятен. Группы класса А и В соответствуют одиночным порам или их небольшому скоплению (класс А) и биполярной группе (класс В).

Для реконструкции солнечных индексов большое значение имеет относительное число групп (А+В). В первоначальном индексе пятен, предложенном R. Wolf, поры не учитывались, а множество ядер, объединенных одной полутенью, считались как одно пятно. После 1893 года по предложению A. Wolfег методика подсчета изменилась. Стали учитываться поры и все отдельные ядра в пятнах. Считается, что между индексом пятен Wolf и Wolfег, существует постоянный коэффициент перехода, близкий к 0,6.

В данной работе мы выполнили проверку относительного числа групп (А+В) в циклах 21-24 на основе оцифровки наблюдений пятен обсерватории Локарно (Швейцария). Мы нашли значительные вариации относительного числа пятен групп (А+В) в циклах активности. Если в минимумах активности относительное число групп (А+В) составляет 45-50%, то в максимумах цикла активности наблюдается уменьшение до 25-30%.

Также мы выполнили оцифровку ядер и полутеней на ежедневных зарисовках обсерватории Локарно. Данные оцифровки позволят более точно оценить закономерности при реконструкции индекса солнечных пятен.

**Солнечное затмение 10.06.2021 года по наблюдениям  
в обсерваториях «Зеленчукская» и «Бадары»  
(первые результаты)**

*Иванов Д.В.<sup>1</sup>, Ипатов А.В.<sup>1</sup>, Рахимов И.А.<sup>1</sup>,  
Андреева Т.С.<sup>1</sup>, Ильин Г.Н.<sup>1</sup>, Олифирова В.Г.<sup>1</sup>,  
Топчило Н.А.<sup>2</sup>, Петерова Н.Г.<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>ИПА РАН, С.-Петербург, Россия; e-mail: rahimov@iaaras.ru

<sup>2</sup>СПбГУ, С.-Петербург, Россия; e-mail: topchilona@yandex.ru

<sup>3</sup>САО РАН, С.-Петербург, Россия; e-mail: peterova@yandex.ru

Приведены первые результаты наблюдений микроволнового излучения Солнца во время частного затмения 10.06.2021 г. с помощью полноповоротных радиотелескопов РТ-13 и РТ-32 ИПА РАН из географически разнесенных пунктов – обсерватории «Светлое» вблизи Санкт-Петербурга (фаза 0.27) и обсерватории «Бадары» в Бурятии (фаза 0.42). Наблюдения выполнялись на волнах 1.0 см, 3.5 см, 6.2 см и 13 см с анализом круговой поляризации, что позволяло оценить спектрально-поляризационные характеристики и структуру микроволнового излучения. Задачи наблюдений определялись астрономическими обстоятельствами – покрывалось открывалось северное полушарие Солнца, где существовали две активные области: NOAA 12832 и слабый флоккул. Кроме них производилось наведение еще на область I и IV контактов. Приведены оригинальные записи и результаты первичной обработки, а также предварительного отождествления отдельных деталей структуры источников микроволнового излучения путем сопоставления с наблюдениями в других диапазонах (УФ и X-ray). Сравнение с результатами наблюдений предыдущего затмения 21.06.2020 г. на радиотелескопах ИПА РАН показало, что размеры отдельной детали радиогрануляции на длинной волне 13 см также не превышают 10". В тоже время измерения радиорadiusа Солнца на короткой волне 1 см дают значительно меньшие величины ( $\sim 2''$ ). Этот наблюдательный факт предположительно вызван уменьшением яркости короны. В дальнейшем эти данные могут быть использованы для диагностики физических параметров корональной плазмы (Te, Ne, H) и моделирования с целью проверки правильности представлений о физике процессов, протекающих в атмосфере Солнца в широком диапазоне высот – от хромосферы до корональных значений  $\sim 100$  тыс. км.

## Инсоляционная контрастность и тенденции изменения современного глобального климата

*Фёдоров В.М.*

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

Выполнены расчеты приходящей солнечной радиации на верхнюю границу атмосферы. Рассчитан меридиональный градиент инсоляции (МГИ) [1], [2] и [3] которым регулируется меридиональный перенос энергии в системе океан – атмосфера. Найдено, что максимальные многолетние изменения МГИ, связанные с уменьшением наклона оси вращения, локализованы в зонах развития внетропических ( $60^{\circ}$ – $65^{\circ}$ ) и тропических ( $10^{\circ}$  –  $15^{\circ}$ ) циклонов. Инсоляционная контрастность (ИК) – разность между годовой инсоляцией широтной области  $0^{\circ}$ – $45^{\circ}$  (источник тепла) и области  $45^{\circ}$ – $90^{\circ}$  (стока тепла) в каждом полушарии. ИК обобщенно (по областям источника и стока тепла) отражает изменение МГИ, связанного с изменением наклона оси вращения. Из расчетов по регрессионной модели следует, что многолетними изменениями ИК определяется 80,7% многолетних изменений приповерхностной температуры воздуха (ПТВ) на Земле, 73,4% изменений ПТВ в северном полушарии и 83,1% в южном полушарии. Глобальное потепление климата Земли, следовательно, определяется астрономическими и геофизическими факторами, основным из которых является уменьшение наклона оси вращения Земли. Следствием уменьшения наклона оси является усиление меридионального переноса тепла вихревыми образованиями (тропическими и внетропическими циклонами) и циркуляционными ячейками в атмосфере.

- [1] Tranberth K.E., Caron J.M. Estimates of Meridional Atmosphere and Ocean Heat Transports // Journal of climate, 2001, v. 14. p. 3433-3443.
- [2] Федоров В.М. Проблема меридионального переноса тепла в астрономической теории климата // Геофизические процессы и биосфера, 2019, Т. 18. N 3. С. 117–128. DOI:10.21455/GPB2019.3-8
- [3] Федоров В.М. Эволюция современного глобального климата Земли и ее возможные причины // Геориск, 2020. Т. 14. N 4. С. 16–29. DOI:10.25296/1997-8669-2020-14-4-16-29

## Особенности облучения поверхностей высотных уровней

Фёдоров В.М., Костин А.А., Фролов Д.М.

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

В предыдущем докладе «Особенности удельной энергии облучения тонких слоёв атмосферы» (2020) рассматривалось облучение целых поверхностей высотных уровней (ПВУ) и их половин. В настоящем докладе приводятся данные о средних многолетних удельных энергиях облучения (УЭО(СМ)) 5-градусных широтных зон ПВУ в тропическом году и его частях (интервал усреднения – с 3000 г. до н.э. по 2999 г. н.э., высоты ПВУ – от 0 до 60 км). Расчёты проводились на основе эфемерид DE406 без учёта атмосферы, рельефа и приливных деформаций Земли при  $T_{SI}=1361$  Вт/м<sup>2</sup>.

Годовые УЭО(СМ) широтных зон ПВУ максимальны у экватора, минимальны у полюсов. График полугодовых УЭО(СМ) северных зон от экватора к полюсу в первом (втором) полугодии совпадает с графиком полугодовых УЭО(СМ) южных зон во втором (первом) полугодии. Полугодовая УЭО(СМ) минимальна возле полюса, где зима, и максимальна возле тропика, где лето. Годовые и полугодовые УЭО(СМ) растут с высотой наиболее быстро вблизи границ полярных кругов.

Ход от начала к концу года месячных УЭО(СМ) каждой северной зоны совпадает с ходом от конца к началу года месячных УЭО(СМ) симметричной южной зоны. В каждом полугодии месячные УЭО(СМ) любой широтной зоны в месяцах, симметричных относительно солнцестояния, совпадают. Месячные УЭО(СМ) минимальны вблизи солнцестояний в зонах, где полярная ночь, максимальны в зонах, где полярный день, растут с высотой, причём наибольший рост и наибольшая неравномерность роста по месяцам отмечаются в полярных областях.



**Стохастическое доускорение нетепловых электронов  
при их взаимодействии с турбулентностью вистлеров  
во вспыхивающих петлях**

***Филатов Л.В.<sup>1</sup>, Мельников В.Ф.<sup>2</sup>***

*<sup>1</sup>ФГБОУ Нижегородский архитектурно-строительный  
университет, Нижний Новгород; e-mail: filatovlv@yandex.ru*

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

Известно, что вистлеры (свисты) могут играть важную роль в кинетике нетепловых электронов во вспыхивающих 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 работе (Filatov & Melnikov, Ge&Ae 2020) мы рассмотрели самосогласованную задачу о резонансном взаимодействии энергичных электронов с вистлерами и на ее основе исследовали динамику питч-углового рассеяния электронов и генерацию (затухание) самой вистлеровской турбулентности в петле. Вопрос об ускорении нетепловых электронов остался не исследованным.

В настоящей работе рассматривается вопрос стохастического доускорения ижектированных нетепловых электронов. Доускорение учитывается путем введения соответствующего диффузионного члена в исследуемое кинетическое уравнение Фоккера-Планка. В рамках модели симметричной неоднородной магнитной ловушки с заданным импульсным изотропным или анизотропным ижектированием нетепловых электронов и начально-заданной турбулентностью исследуется динамика распределения электронов в петле по энергии, питч-углу, положению в петле и во времени вспыхивающего процесса на фазах роста и спада. Рассмотрено также согласованное взаимодействие вистлеров и электронов, что позволяет оценивать и генерацию самой вистлеровской турбулентности или ее затухание.

**О возможности сопоставления временных вариаций температуры в короне с динамикой распределенного электрического тока в активной области**

***Фурсяк Ю.А., Абраменко В.И.***

*Крымская астрофизическая обсерватория РАН, 298409, п.  
Научный, Республика Крым, Россия; e-mail: yuriy\_fursyak@mail.ru*

Одним из важных вопросов современной физики Солнца является проблема нагрева внешних слоев солнечной атмосферы. Рассматривается целый ряд механизмов, среди которых и омическая диссипация электрических токов.

В недавнем исследовании [1] в активных областях (АО) с различным уровнем вспыхивающей продуктивности обнаружены крупномасштабные (распределенные) электрические токи, которые, как предполагается, уходят высоко в хромосферу и корону. Было показано, что они связаны со вспышками. Однако, во вспышках реализуется несколько процентов энергии, запасенной в электрических токах [3]. Таким образом, токи могут играть определенную роль и в нагреве короны.

Чтобы проверить данное предположение, мы сопоставляем временные вариации температуры в короне над АО, полученные на основе данных об интенсивности ультрафиолетового (УФ) излучения с динамикой распределенного электрического тока. В исследовании используются данные Solar Dynamics Observatory (SDO). Исходя из магнитографических данных прибора Helioseismic and Magnetic Imager (HMI) мы вычисляем величину распределенного тока в исследуемой АО за время мониторинга (4 дня). Также получаем временной ход интенсивности УФ излучения в короне (по данным прибора Atmospheric Imaging Assembly, AIA) в каналах 94, 131, 171 и 211 Å. Поскольку однозначной зависимости между интенсивностью УФ излучения в отдельных каналах и температурой не существует [2], мы анализируем данные AIA/SDO в нескольких диапазонах, чтобы получить более точную информацию о температуре в короне. Целью работы является выявление взаимосвязи между временными изменениями полученных величин.

- [1] Fursyak Yu.A., Kutsenko A.S., Abramenko V.I. // Solar Phys., 2020, v. 295, article id. 19.
- [2] Lemen J.R., Title A.M., Akin D.J., Boerner P.F., Chou C., et al. // Solar Phys., 2012, v. 275, p. 17.
- [3] Zaitsev V.V., Stepanov A.V., Urpo S., Pohjolainen S. // Astron. Astrophys., 1998, v. 337, p. 887.

## Сверхбыстрые звездные пульсации от О до А звезд

*Холтыгин А.Ф.<sup>1</sup>, Моисеева А.В.<sup>2</sup>, Якунин И.А.<sup>2</sup>,  
Бурлак М.А.<sup>3</sup>, Иконникова Н.П.<sup>3</sup>, Циопа О.А.<sup>4</sup>,  
Костенков А.Е.<sup>1,2</sup>, Курдоязова М.С.<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский государственный университет,  
Санкт-Петербург, Россия; e-mail: afkholtugin@gmail.com

<sup>2</sup>Специальная Астрофизическая обсерватория РАН, Нижний  
Архыз, Россия

<sup>3</sup>Государственный Астрономический институт им. Штернберга,  
Москва, Россия

<sup>4</sup>Главная (Пулковская) обсерватория РАН, Санкт-Петербург,  
Россия

Представлены новые результаты исследований сверхбыстрой переменности на минутной и секундной шкалах профилей линий в спектрах звёзд ранних спектральных классов. Спектры программных ОВА звезд были получены на 6-метровом телескопе БТА со спектрографом ОЗСП с экспозициями 1-150 секунд и на 1.25 метровом телескопе Крымской станции ГАИШ с экспозициями 2-10 секунд и полным временем наблюдения 2-3 часа. Проанализирована переменность профилей спектральных линий H, HeI, FeII, NiI, OII, SiII в спектрах программных звезд. У всех исследованных звезд найдены регулярные вариации профилей линий с периодами от 2 до 90 минут и амплитудами в 0.5-2% от уровня континуума. Обсуждается природа сверхбыстрых вариаций профилей линий в спектре программных звезд и их подобие пятиминутным солнечным колебаниям. Изучение вариаций профилей методами вейвлет-анализа позволило оценить размеры связанных с ними неоднородностей в фотосферах и ветрах звезд. Обсуждается спектр размеров таких неоднородностей и возможная их связь с микро и нановспышками на звездах.

## О происхождении долгопериодических альфвеновских волн в короне Солнца

Цап Ю.Т.<sup>1</sup>, Степанов А.В.<sup>2</sup>, Копылова Ю.Г.<sup>2</sup>,  
Ханенйчук О.В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Крымская астрофизическая обсерватория Российской академии наук, Научный; e-mail: yur\_crao@mail.ru

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

<sup>3</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва; e-mail: stegozavrel@gmail.com

В настоящее время считается, что альфвеновские волны, распространяющиеся в противоположных направлениях, могут вносить существенный вклад в нагрев корональной плазмы и ускорение солнечного ветра. Однако это предполагает их эффективное отражение от корональных неоднородностей и соответственно необходимость детального исследования особенностей рассмотрения долгопериодических альфвеновских флуктуаций в атмосфере Солнца.

Рассматривается возможность проникновения альфвеновских волн с периодами большими нескольких десятков минут, генерируемых конвективными движениями плазмы, в корону Солнца из нижележащих слоев солнечной атмосферы. В приближении резкой границы между короной и хромосферой показано, что коэффициент прохождения волн не превышает нескольких процентов. Обсуждаются возможные механизмы возбуждения долгопериодических альфвеновских мод в солнечной короне.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (N 20-52-26006) и Минобрнауки (НИР № 0831-2019-0006).

## Генерация рентгеновских спайков в плазме солнечных вспышек

Чариков Ю.Е., Шабалин А.Н., Склярва Е.М.

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

Обсуждается временная структура жесткого рентгеновского излучения на энергиях 28-135 кэВ. Моделируется возможная пространственная локализация рентгеновских спайков исходя из распределения концентрации плазмы, параметров ускоренных электронов и магнитного поля. Изучается возможность генерации спайков длительностью десятки — сотни

мс за счет тормозных потерь энергии всплесками ускоренных электронов. Анализируется зависимость структуры рентгеновских спайков от жесткости спектра ускоренных электронов (вклад электронов высоких энергий в излучение меньших энергий). В ходе численных расчетов получены параметры плазмы, магнитного поля и пучков ускоренных электронов при которых генерация мс структуры в рентгеновском диапазоне возможна в вершине и/или основаниях вспыхивающей магнитной петли.

### Тонкая структура стационарных и движущихся радиовсплесков IV типа

*Чернов Г.П., Фомичев В.В.*

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

Краткий обзор тонкой структуры в известных явлениях показывает, что в движущихся радиовсплесках лишь иногда появляются широкополосные пульсации с периодами в несколько секунд или десятков секунд. В нескольких явлениях со специфическими особенностями источников (обгоняющие фронты) наблюдались серии волокон с частотным дрейфом характерным для всплесков II типа. Магнитное облако в виде источника континуального излучения движущегося всплеска IV является ловушкой для вспыхивающих электронов и протонов. Магнитная петля с повышенной плотностью является резонатором для быстрых магнитозвуковых волн, возбуждаемых протонами (Rosenberg (1970)). Период колебаний быстрой МГД моды в петле с радиусом  $R$  много меньше длины  $L$  примерно равен величине

$$T \sim R(CA + Cs)^{-1/2},$$

где  $CA$  — альвеновская скорость,  $Cs$  — скорость звука. Для реальных значений в короне величины  $(CA + Cs)^{1/2} \sim 10^8$  см  $s^{-1}$  и  $R \sim 10^8 - 10^9$  см период колебаний может меняться от 1 до 10 с. Быстрая МГД мода колебаний меняет пробочное отношение в петле с таким периодом. В рамках плазменного механизма континуальное излучение возбуждается электронами с конусной неустойчивостью, поэтому оно может быть промодулировано с таким же периодом (Zaitsev, Stepanov, Chernov (1984)), и пульсации излучения объясняются естественным образом.

Но надо еще понять, почему другие виды тонкой структуры (волокна, спайки, зebra структура) обычно не наблюдаются и появляются лишь в специфических условиях, когда источник располагается, например, между двумя ударными фронтами Чернов и др. (2007).

Такая причина может быть связана с критическим углом конуса потерь для возбуждения вистлеров. Aurass et al. (1987) показали, что этот

угол равен  $3.58^\circ$ . Питч угол конусной неустойчивости может быть более надежным,  $\gg 3.58^\circ$  с увеличением напряженности магнитного поля. Небольшое увеличение поля происходит в момент прохождения быстрой МГД моды. Однако это увеличение слишком мало  $\sim 10^{-2}$ . Если же с продвижением источника появляется ударный фронт, в котором поле повышается в несколько раз, конусная неустойчивость резко усиливается.

**Корональные источники жесткого рентгеновского излучения на начальной стадии вспышки в модели коллапсирующих ловушек**

***Шабалин А.Н., Чариков Ю.Е.***

*Физико-технический институт им. А.Ф.Иоффе РАН,  
С.-Петербург; e-mail: Shabalin.FTI@yandex.ru*

В работе рассматриваются события в которых на предвспышечной или ранней стадии роста потока жесткого рентгеновского излучения наблюдается яркий корональный источник на энергиях более 20 кэВ. В качестве возможной причины подобного роста рассматривается увеличение концентрации плазмы в вершине петли за счет ее сжатия в процессе релаксации магнитного поля петли (модель коллапсирующей ловушки). В отличие от эффекта испарения хромосферной плазмы, при котором требуются сотни секунд для существенного увеличения концентрации плазмы в вершине (эффект Ньюперта), в модели коллапсирующей ловушки рост концентрации плазмы происходит за секунды – десятки секунд. Также, в работе проведен расчет роста концентрации ускоренных электронов с энергиями выше 200 кэВ за счет механизмов бетатронного и Ферми ускорения, сопутствующих “коллапсу” магнитной ловушки. При характерном времени коллапса около 10 с, общая энергия ускоренных электронов по отношению к инжектированной увеличилась на  $\sim 20 - 30\%$ .

**Флуктуации солнечного излучения UVB–UVA  
на архипелагах Шпицберген и Северная Земля  
в летнее солнцестояние 22.06.2021 года**

***Шаповалов С.Н., Иванов И.В., Москвин И.В.,  
Соколов В.Т., Угрюмов Ю.В.***

<sup>1</sup> ФГБУ «Арктический и антарктический НИИ», С.-Петербург;  
e-mail: shapovalov@aari.ru

Временной диапазон солнечной УФ радиации может быть показателем уровня солнечной активности в параметрах нижней атмосферы. С целью исследования этого вопроса в 2017г. на НИС “Ледовая база «Мыс Баранова»” (арх.Северная Земля) и 2019г. в п.Баренцбург (арх.Шпицберген) были организованы мониторинговые наблюдения участков солнечной светимости UVB (315-280nm) -UVA (400-315nm), влияющие на фотохимические реакции в тропосфере, приповерхностное атмосферное давление, а также на фотосинтез. Значения интенсивности UVB-UVA используется для оценки воздействия притока солнечного ультрафиолета и степени его воздействия на организм человека, т.н. УФ-индекс.

Результаты наблюдений UVB-UVA в день летнего солнцестояния 22.06.2021г. (незаходящее Солнце) показали, что флуктуации интенсивности UVB-UVA, полученные в режиме круглосуточных измерений на оптоволоконных спектрометрах AvaSpec-2048 с долготным разнесением 1700км согласуются в Фурье-анализе. Следовательно, временная закономерность параметров приземного слоя атмосферы, в котором наблюдаются наибольшие значения вертикальных градиентов температуры, наряду с пространственно-временными изменениями синоптических процессов, также может быть обусловлена вариациями солнечных факторов в широком диапазоне — от колебаний Солнца до цикла Хейла (~22 года).

**Корреляция общего числа эпидемий в мире  
с УФ-индексом и солнечной активностью  
за период 24 цикла**

***Шаповалов С.Н.***

<sup>1</sup> ФГБУ «Арктический и антарктический НИИ», С.-Петербург;  
e-mail: shapovalov@aari.ru

УФ-индекс разработан Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) для оценки уровня поступающей к земной поверхности солнечной

УФ радиации в диапазоне 295-400нм (UVB-UVA) и степени ее воздействия на организм человека.

Проведен анализ связи общего числа эпидемий в мире с УФ-индексом, индексом F10.7cm (2800MHz), а также изменением среднего магнитного поля Солнца по данным The Wilcox Solar Observatory (<http://wso.stanford.edu>) за период с 2008г. по 2019г. Данные по общему числу эпидемий выбирались на сайте ВОЗ (<https://www.who.int/ru>) как суммированное значение распространенных эпидемий в мире: вирус Эбола, АН7N9, БВРС-КоВ, грипп А(Н1N1) и др. Данные по УФ-индексу выбирались на сайте <https://www.pogodaonline.ru/weather/maps> по пунктам приэкваториальной зоны в Западном и Восточном полушариях: г.Кито (Боливия) и г.Киншаса (Демократическая республика Конго).

В итоге анализа выявлен максимум общего числа эпидемий, соответствующий 2014г.-2015г., т.е. максимуму 24-го цикла солнечной активности. Корреляция кривой общего числа эпидемий с изменениями УФ-индекса, индекса F10.7cm, а также среднего магнитного поля Солнца составила, соответственно,  $r \sim 0.7$ ,  $r \sim 0.53$  и  $r \sim 0.84$ .

Сделан вывод о функциональной связи случаев эпидемий в мире с уровнем УФ-индекса, солнечной активностью и изменением среднего магнитного поля Солнца.

### **Плазменный механизм в ионосфере экзопланеты HD189733b**

***Зайцев В.В., Шапошников В.Е.***

*ИПФ РАН, Нижний Новгород; e-mail: sh130@ipfran.ru*

На примере горячего Юпитера HD 189733b, в магнитосфере которого не выполняются условия для "работы" электронного циклотронного мазера, проведен анализ плазменного механизма генерации радиоизлучения от экзопланет со слабым магнитным полем. Цель исследования — выяснение области параметров, при которых возможна реализация плазменного мазера в их магнитосферах, а также определение соответствующего диапазона частот возникающего радиоизлучения. Выяснены необходимые свойства магнитосферной плазмы и энергичных частиц, при которых плазменный мазер достаточно эффективен для генерации излучения с интенсивностью, доступной для наблюдения существующими радиотелескопами.



**Согласование параметров восстановленной части ряда  
чисел Вольфа по характеристикам  
его достоверной части**

*Шубаев И.Г.*

*ИЗМИРАН; e-mail: ishib@izmiran.ru*

Многие исследователи используют ряд чисел Вольфа (или опирающиеся на него показания) с учетом восстановленных данных с 1749 по 1849 гг. При объединении отрывочных данных с различной плотностью наблюдений, амплитудным разрешением и масштабированием искажаются, естественно, локальные характеристики регистрируемого процесса и взаимосвязь временных фрагментов разного масштаба. Всё это проявилось при формировании восстановленного ряда  $W_{rest}$  [1], но на это обращают мало внимания, хотя влияние этих факторов не оценивалось.

Другие авторы, считая эти данные ненадежными, опираются только на достоверный ряд чисел Вольфа  $W_{tool}$  — регулярные инструментальные наблюдения с 1849 г. по настоящее время. При этом «повисают» понятия (структуры) сформированные с опорой хотя бы на часть восстановленных данных. Цикл Гляйсберга [2] — яркий пример тому, т. к. понятие «цикл Гляйсберга» возникло из анализа небольшого объема данных, имеющих различную степень достоверности, и с ключевой ролью циклов  $V \div VII$  из восстановленного ряда.

Свойства восстановленных и достоверных данных значительно различаются: мы имеем не только несогласованность характеристик рядов  $W_{rest}$  и  $W_{tool}$ , но и противоречивость параметров самого ряда  $W_{rest}$  [3]. Например, отмеченный в работе [4], рост периода цикла Гляйсберга с увеличением доли достоверных данных хорошо это иллюстрирует. Разумная коррекция восстановленных данных может снять ряд противоречий и позволит опираться на расширенный массив данных.

В этой работе представлены варианты групповой коррекции средних значений циклов  $I \div IX$ . Так как при сопоставлении протяженных фрагментов локальные невязки данных играют меньшую роль, то опираясь на интегральные оценки этих фрагментов (без детализации их «сложной» истории формирования) мы получаем более взвешенные интервальные оценки. Параметры интервалов (групп циклов) достоверного ряда служат основой коррекции.

- [1] David H. Hathaway The Solar Cycle  
/ <https://arxiv.org/pdf/1502.07020.pdf>, 2015.
- [2] Gleissberg W. A long-periodic Fluctuation of the Sun-spot Numbers // Observatory, V. 62, 1939, P. 158 – 159.
- [3] Шубаев И.Г. Старая и новая версии ряда чисел Вольфа: согласованность характеристик восстановленной и инструментальной частей рядов // Труды Всеросс. ежегодной конференции по физике Солнца:

Солнечная и солнечно-земная физика – 2019, Пулково, Санкт –Петербург, 7 – 11 октября 2019 г., с. 463 – 466.

- [4] Шибяев А.И. Зависимость периодов «вековой» гармоника от протяжённости исследуемых рядов для старой и новой версий ряда чисел Вольфа // Труды XV конференции молодых ученых — 2018. ИКИ РАН, Москва, 2018, с. 154 – 157.

### Затухание изгибных колебаний корональных петель с электрическими токами

*Шивидов Н.К.<sup>1</sup>, Хонгорова О.В.<sup>2</sup>, Михалыев В.В.<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Калмыцкий государственный университет имени  
В. В. Городовикова, Элиста; e-mail: zhr550@ Rambler.ru*

*<sup>2</sup>Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,  
Иваново*

Концепция корональных электрических токов, связанных с непотенциальной составляющей магнитного поля, используется в различных аспектах, в том числе при обосновании физических принципов петельных вспышек [1]. Небольшое изменение ширины петель на всем их протяжении часто объясняют наличием азимутальной компоненты поля, что косвенно подтверждает существование электрических токов, протекающих от одного основания петли к другому. Подобную петлю можно представить в простейшем виде как неоднородную магнитную трубку, в которой имеется оболочка с азимутальным полем [2]. Вдоль трубки протекают два равных по силе поверхностных тока с обратными направлениями, другими словами, имеются так называемые нейтрализованные токи [3].

Изучаются изгибные колебания магнитной трубки; показано, что имеется резонанс колебаний на цилиндрической поверхности  $2\pi r = V_A/\omega$ , где  $V_A$  есть альвеновская скорость в оболочке, принимаемая постоянной [4]. Резонанс в данном случае существует даже при постоянной  $V_A$ , что отличает рассматриваемую трубку от других неоднородных моделей корональных петель. Изучаются аналитические свойства решений соответствующего радиального уравнения, зависимости коэффициента затухания от параметров плазмы и магнитного поля в оболочке.

- [1] Alfvén H., Carlqvist P. // Solar Phys., 1967, v. 1, p. 220.  
[2] Khongorova O.V., Mikhalyaev B.B., Ruderman M.S. // Solar Phys., 2012, v. 280, p. 153.  
[3] Török T., Leake J.E., Titov V.S., et al. // Astrophys. J., 2014, v. 782, p. L10.  
[4] Mikhalyaev B.B., Shvidov N.K., Derteev S.B., Dzhimbeeva L.N. // Geomagn. Aeron., 2020, v. 60, № 8, p. 1132.

**Геоэффективность парных взаимодействующих  
возмущений солнечного ветра**

***Шлык Н.С., Белов А.В., Абунин А.А., Абунина М.А.***

*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения  
радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН (ИЗМИРАН), Москва, Троцук;  
e-mail: nshlyk@izmiran.ru*

На основе базы данных Форбуш-эффектов и межпланетных возмущений проведен анализ вариаций галактических космических лучей и изменения различных характеристик межпланетной среды, связанных с влиянием на Землю взаимодействующих возмущений солнечного ветра. Рассмотрены случаи парного взаимодействия высокоскоростных потоков из корональных дыр и корональных выбросов массы за период времени с 1995 по 2020 г., приведен анализ поведения параметров солнечного ветра, межпланетного магнитного поля, вариаций космических лучей и геомагнитной активности для трех типов взаимодействующих возмущений солнечного ветра и сравнение с контрольными группами изолированных событий. Установлено, что взаимодействующие возмущения солнечного ветра усиливают эффект от наложения для второго события из пары (величина межпланетного магнитного поля и скорость солнечного ветра оказывается больше ожидаемой), а первое событие оказывается менее эффективным (второе событие не дает полностью развиваться первому).

**Отождествление красных карликов с рентгеновскими  
источниками в области «первого света»  
обсерватории eROSITA**

***Шляпников А.А.***

*КрАО РАН, Научный; e-mail: aas@crao.crimea.ru*

Выполнение представляемой работы стало тестом на возможность независимой обработки широкоугольных рентгеновских изображений неба, получаемых при реализации проекта eROSITA (extended ROentgen Survey with an Imaging Telescope Array). Телескоп был запущен в июле 2019 г., а уже в декабре «первый свет» его наблюдений был предоставлен широкой общественности. В докладе представлены комбинированное в трех рентгеновских диапазонах «цветное» изображение области взаимодействующих скоплений галактик ACO 3391 и ACO 3395, и рабочее

изображение для последующей обработки. Для астрометрической калибровки рабочего изображения была выполнена выборка рентгеновских источников, попадающих в изучаемую область из базы данных SIMBAD. Учитывая, что среди найденных объектов многие имеют «неточечную» морфологию, являясь галактиками, для повышения точности астрометрической калибровки отбирались лишь те, которые имели фотометрический профиль наиболее близкий к звёздному, либо являлись звёздами. После выполнения астрометрической редукции изображение было обработано с помощью программы Sextractor. 2485 объектов рентгеновского диапазона было обнаружено. В исследуемом изображении оказалась «зона избегания», обусловленная значительным фоном от скопления галактик ACO 3391 и ACO 3395, в которых для выделения объектов необходима специальная обработка, что не планировалось при проведении данной работы. Учитывая, что размер пикселя в рабочем изображении составляет 15 поиск кандидатов на отождествление выделенных рентгеновских источников с оптическими объектами производился в области менее 40" для избежания краевых эффектов обработки. После перекрёстной идентификации выделенных рентгеновских источников с каталогом GAIA DR2 список совпадений составил 2868 объектов. Очевидно, что при размере поиска объектов GAIA DR2 в областях радиусом  $< 20$  имеют место неединичные совпадения. В данном случае в области рентгеновского излучения попадало до 6 объектов GAIA DR2. С целью получения однозначного соответствия между рентгеновскими источниками и красными карликами, области с неединичными совпадениями были исключены из дальнейшего рассмотрения. После их исключения в списке осталось 899 объектов, 67 из которых удовлетворяют критериям отбора, т.е. расположены в нижней части Главной последовательности на диаграмме Герцшпрунга-Рассела. Доклад проиллюстрирован списком и идентификационными картами для объектов, ассоциированных с рентгеновскими источниками, зарегистрированными обсерваторией eROSITA, и будет использован для анализа проявлений эруптивной активности звёзд по данным долговременных оптических наблюдений, выполняемых космическими и наземными средствами.

Работа, представленная в данном докладе, частично поддержана грантами РФФИ № 19-02-00191 и № 19-29-11027.

## Потоки вещества в солнечной короне по наблюдениям в белом свете

*Якунина Г.В.*

*Государственный Астрономический институт им.  
П.К. Штернберга (ГАИШ, МГУ); e-mail: yakunina45@yandex.ru*

Крупно-масштабная структура короны периодически изменяется с 11-летним циклом солнечной активности. Стримеры расположены вблизи солнечного экватора в минимуме солнечной активности и более или менее симметрично вокруг солнечного диска в максимуме солнечной активности. Особенно хорошо это видно на изображениях, полученных на коронографе LASCO SOHO в поляризованном свете. Представлен краткий обзор результатов наблюдений скоростей истечения сгустков плазмы из области пояса стримеров на Солнце. Вещество, выбрасываемое из касповых структур стримеров, является одной из составляющих медленного солнечного ветра (СВ).

Наблюдения в белом свете на коронографах C2 и C3 LASCO SOHO показали, что стримеры представляют собой гораздо более динамичные образования, чем это представлялось раньше. Оказалось, что из касповых структур, расположенных в основании стримеров, систематически выбрасываются сгустки вещества с повышенной по отношению к окружающей короне, плотностью. Эти объемы плазмы двигаются почти по радиальным направлениям от Солнца вдоль вытянутых структур стримеров.

Впервые такие сгустки становятся видимыми на гелиоцентрических расстояниях 3–4  $R_{\text{sun}}$  и выглядят как вытянутые структуры над стримерными каспами. Их размеры в длину составляют около 1  $R_{\text{sun}}$ , а в поперечнике – порядка 0,1  $R_{\text{sun}}$ . По мере удаления от Солнца размеры этих образований увеличиваются, достигая 4  $R_{\text{sun}}$  на гелиоцентрических расстояниях примерно 12  $R_{\text{sun}}$ . При этом в результате истечения вещества не происходит разрушения стримера или его каспа.

Рассмотрены разные события, связанные с втеканием и вытеканием корональной плазмы, происходящим на высотах (2–6)  $R_{\text{sun}}$ . Из анализа видно, что скорости, ускорения и траектории движения очень разные. События часто происходят на границах секторной структуры магнитного поля Солнца или корональных дыр, в тех местах, где существует высокий градиент напряженности магнитного поля. Явления более часто происходят в периоды максимума солнечной активности. Наблюдается связь с долгоживущими структурами крупномасштабного магнитного поля Солнца, что приводит к рекуррентности наблюдаемых событий в короне. Наблюдения пары структур, направленных “вверх-вниз” можно объяснить с помощью модели пересоединения.

## Оглавление

<i>Абдусаматов Х.И.</i> О высоте максимума уровня солнечной активности XXV цикла и отсутствии правила Гневнышева-Оля в объединении четно-нечетных циклов в физические пары . . . . .	3
<i>Абдусаматов Х.И.</i> Исследование энергетического дисбаланса Земли и климата с поверхности Луны . . . . .	4
<i>Абраменко В.И.</i> Магнитные поля в корональных дырах на Солнце	5
<i>Абрамов-Максимов В.Е., Бакунина И.А.</i> Признаки подготовки солнечных вспышек в микроволновом диапазоне . . . . .	6
<i>Абунина М.А., Шлык Н.С., Белов А.В., Абунин А.А., Крякунова О.Н., Сейфуллина Б.Б., Цепкина И.Л.</i> Особенности возрастных потоков электронов магнитосферного происхождения с энергией $>2$ МэВ на геостационарной орбите в 2009 году . . . . .	6
<i>Авакян С.В., Баранова Л.А.</i> Использование результатов супрамолекулярной солнечно-земной физики при решении космологических проблем. 1. Экспериментальные и космологические предпосылки	7
<i>Авакян С.В., Баранова Л.А.</i> Использование результатов супрамолекулярной солнечно-земной физики при решении космологических проблем. 2. Модельное описание . . . . .	9
<i>Андреева О.А., Абраменко В.И., Малащук В.М.</i> Вариации асимметрии в 24-м цикле солнечной активности . . . . .	11
<i>Андреева О.А.</i> Эволюционные характеристики активных и спокойных образований в двух уровнях атмосферы Солнца . . . . .	12
<i>Ахтемов З.С., Цап Ю.Т., Малащук В.М.</i> О связи солнечной активности с эволюцией напряженностей магнитных полей пятен по измерениям на БСТ-2 КраО: циклы 22–24 . . . . .	13
<i>Бакунина И.А., Мельников В.Ф., Абрамов-Максимов В.Е., Моргачев А.С., Шаин А.В.</i> Анализ предвспышечной фазы eruptивных и неэruptивных вспышек по данным о пространственной динамике корональных магнитных структур и их микроволнового и ультрафиолетового излучений . . . . .	14
<i>Березин И.А., Тлатов А.Г.</i> Сравнение синоптических карт и результатов моделирования солнечного ветра по данным магнитографа СТОП и других магнитографов полного диска Солнца . . . . .	15
<i>Беспалов П.А., Савина О.Н.</i> Влияние коллективных процессов в средней магнитосфере Юпитера на диффузию релятивистских электронов поперек магнитных оболочек . . . . .	15
<i>Биленко И.А.</i> Влияние снижения общего магнитного поля Солнца в 24 цикле на условия формирования и параметры корональных выбросов массы . . . . .	16

<u>Богод В.М., Лебедев М.К., Рипак А.М.</u> Панорамный спектральный комплекс для микроволновых наблюдений в диапазоне 1–3 ГГц . . . . .	17
<u>Бондарь Н.И., Кацова М.М.</u> Анализ активности звезды VE Set — аналога молодого Солнца . . . . .	19
<u>Васильев Г.И.</u> Влияние температуры и плотности верхних слоев конвективной зоны на спектр гамма-квантов во время солнечных вспышек . . . . .	19
<u>Веретененко С.В.</u> Эффекты солнечных протонных событий января 2005 года в циркуляции средней атмосферы южного полушария . . . . .	20
<u>Вернова Е.С., Тясто М.И., Баранов Д.Г.</u> Потoki магнитных полей в фотосфере Солнца . . . . .	21
<u>Волобуев Д.М.</u> Форма 11-летнего цикла по числу пятен и полярным факелам . . . . .	21
<u>Гетлинг А.В., Косовичев А.Г.</u> Масштабы течений в конвективной зоне Солнца по гелиосейсмологическим данным . . . . .	22
<u>Гетлинг А.В., Косовичев А.Г., Чжао Цзюньвэй</u> Вариации зональных и меридиональных течений в 24 цикле солнечной активности . . . . .	23
<u>Голубков В.С., Майоров А.Г.</u> Пакет программ для расчёта траекторий заряженных космических лучей в электромагнитных полях в космическом пространстве . . . . .	24
<u>Голубчина О.А.</u> Основные физические характеристики радиоизлучения полярных корональных дыр на Солнце . . . . .	25
<u>Гопасюк О.С., Вольвач А.Е., Якубовская И.В.</u> Скорости магнитного пересоединения в компактной вспышке класса X . . . . .	25
<u>Горбачев М.А., Шляпников А.А.</u> Исследование активности красного карлика EHO 040830-7134.7 по данным наблюдений обсерватории TESS . . . . .	26
<u>Григорьева И.Ю., Струмминский А.Б., Шаховская А.Н.</u> Импульсная вспышка C7.2 22 декабря 2009 года без хромосферных эффектов в минимуме солнечной активности . . . . .	27
<u>Губченко В.М.</u> Кинетическое описание диамагнитного облака и квазипоперечная обыкновенная мода . . . . .	28
<u>Гуляева Т.Л., Пустовалова Л.В.</u> Эффекты ионосферных возмущений вдоль московского географического и геомагнитного меридианов . . . . .	30
<u>Данилова О.А., Птицына Н.Г., Тясто М.И.</u> Особенности гистерезиса в порогах космических лучей во время бури в начале сентября 2017 года . . . . .	31
<u>Дергачев В.А.</u> Роль океанов в колебаниях климата арктического региона в течение Голоцена . . . . .	31
<u>Дертеев С.Б., Гаваев В.С., Джимбеева Л.Н., Михалев Б.Б.</u> Затухание магнитозвуковых волн в солнечной короне . . . . .	32

<i>Дмитриев П.Б.</i> Наличие ~154-ех суточной квазипериодичности во временной структуре индексов солнечной активности на протяжении 22–24 солнечных циклов . . . . .	33
<i>Ефремов В.И., Парфиненко Л.Д., Соловьев А.А., Смирнова В.В.</i> Методы определения границы «тень-полутень» и напряженность вертикального магнитного поля на ней . . . . .	34
<i>Жукова А.В., Хлыстова А.И., Абраменко В.И., Соколов Д.Д.</i> Исследование анти-Хейловских активных областей в солнечном минимуме при помощи синтетического цикла . . . . .	35
<i>Загайнова Ю.С., Файнштейн В.Г.</i> Исследование магнитных свойств солнечных пятен в активных областях с взрывными процессами . . . . .	36
<i>Золотова Н.В., Возмьянин М.В., Арльт Р.</i> Солнечная активность по данным архивов Георга Кристофа Эймарта . . . . .	37
<i>Иванов В.Г.</i> Две фазы 11-летнего цикла и параметризация его формы	38
<i>Илларионов Е.А., Соколов Д.Д.</i> Вклад анизотропии течения и конечного времени памяти в оценку скорости роста магнитной энергии в случайном потоке проводящей среды . . . . .	38
<i>Калинин А.А., Калинина Н.Д.</i> О свечении бленды He3888/H8 в затменном протуберанце 29.03.2006 . . . . .	39
<i>Кальтман Т.И., Ступишин А.Г., Анфиногентов С.А., Накаряков В.М., Лукичева М.А.</i> Горячие струи в магнитных полях солнечных активных областей . . . . .	40
<i>Кальтман Т.И., Кудрявцев И.В., Karlický M.</i> Влияние динамики спектра турбулентности ленгмюровских волн на наблюдаемые частотные спектры в радиоизлучении . . . . .	41
<i>Карачик Н.В., Миненко Е.П.</i> Электронный каталог основных индексов солнечной активности за 1932-2000: Ташкентские данные	42
<i>Кацова М.М., Шляпников А.А., Низамов Б.А., Мишенкина Т.В.</i> Вращение и активность избранных звезд-близнецов Солнца . . . . .	42
<i>Обридко В.Н., Кацова М.М., Соколов Д.Д.</i> Солнечные и звездные вспышки: частота появления, свойства активных областей и эффективность механизма динамо . . . . .	43
<i>Кашапова Л.К., Куприянова Е.Г., Колотков Д.Ю., Рид Х.А.С., Кудрявцева А.В., Тан Ч.М., Жанг Дж.</i> О связи микроволновых источников солнечных вспышек и всплесков в дециметровом и метровом радиодиапазонах . . . . .	44
<i>Василенко Т.А., Кириллов А.К.</i> Геомагнитная активность, климатические изменения и урожайность чайных плантаций Кении . . . . .	45
<i>Kírov B., Georgieva K., Asenovski S.</i> Possible future behavior of solar and geomagnetic activity . . . . .	46



<u>Клиорин Н.И., Рогачевский И.В., Кузанын К.М., Сафиуллин Н.Т., Поршнев С.В.</u> Поток мелкомасштабной магнитной спиральности и возможности прогнозирования солнечной активности . . . . .	46
<u>Кобяков Д.Н.</u> О важности теории конденсированных сред для понимания звёздных циклов активности пульсаров . . . . .	47
<u>Комитов Б.П., Кафтан В.И.</u> «Эффект Данжона», солнечная активность, вулканизм и климат . . . . .	48
<u>Котов В.А.</u> Магнитные циклы Солнца: 22 года и 7 лет . . . . .	49
<u>Крамынин А.П., Михалина Ф.А.</u> О подобии развития 11-летнего цикла солнечной активности в разных долготных интервалах . . . . .	49
<u>Кудрявцев И.В., Дергачёв В.А.</u> Реконструкции гелиосферного модуляционного потенциала и вариации климата Земли за последние 20 тысяч лет . . . . .	50
<u>Кузьменко И.В., Гречнев В.В.</u> Ударная волна в солнечном событии, связанном с эрупцией крупного протуберанца . . . . .	51
<u>Кузьменко И.В.</u> О связи корональных джетов с депрессиями микроволнового радиоизлучения . . . . .	51
<u>Куприянова Е.Г., Кальтман Т.И., Накаряков В.М., Колотков Д.Ю., Кузнецов А.А.</u> Отклик микроволнового излучения на радиальную БМЗ волну в плазменном слое, частично заполненном ускоренными электронами . . . . .	52
<u>Курочкин Е.А., Петерова Н.Г., Топчило Н.А., Шендрик А.В.</u> Поток и яркость микроволнового излучения в качестве предвспышечных признаков . . . . .	53
<u>Макоев Г.А., Ступишин А.Г., Кальтман Т.И.</u> Применение метода восстановления температурно-высотного профиля солнечной атмосферы к многочастотным радионаблюдениям некоторых активных областей . . . . .	54
<u>Малахов В.В., Голубков В.С., Майоров А.Г., Роденко С.А.</u> Измерение вариаций потоков вторичных протонов в околоземном пространстве по данным эксперимента ПАМЕЛА . . . . .	55
<u>Мельников В.Ф., Филатов Л.В.</u> Форма и динамика гиросинхронного спектра излучения вспышки в микроволновом и субтерагерцовом диапазонах . . . . .	56
<u>Мерзляков В.Л., Старкова Л.И.</u> Некоторые особенности транспортировки магнитных полей магнитоконвекцией гигантского масштаба . . . . .	57
<u>Мерзляков В.Л.</u> Плазменная неустойчивость как причина ограничения энергии ускоряемых электронов в хромосферном источнике солнечной вспышки . . . . .	57

<u>Мерзляков В.Л., Баранов Д.Г., Вернова Е.С.</u> Перестройка токовой системы источника полярного магнитного поля Солнца в минимуме 23/24 циклов . . . . .	58
<u>Миненко Е.П.</u> Частотно-временной анализ мелкомасштабных магнитных биполярных структур в течение 23 и 24 циклов солнечной активности . . . . .	58
<u>Minenko A.P., Karachik N.V.</u> North-South asymmetry of coronal bright points during the solar cycles 23 and 24 . . . . .	59
<u>Михаляев Б.Б., Дертеев С.Б., Манжаева Г.А.</u> Дисперсионные свойства нелинейных магнитозвуковых волн . . . . .	60
<u>Моторина Г.Г., Цап Ю.Т., Кашипарова Я., Моргачев А.С., Смирнова В.В.</u> Моделирование вспышечного теплового суб-ТГц излучения с помощью FLARIX и RADYN . . . . .	61
<u>Naga Varun Y., Mikhalyaev B.V.</u> Fast sausage Peregrine solitons as one of the possible candidates for the nanoflares . . . . .	61
<u>Обридко В.Н., Пупин В.В., Соколов Д.Д., Шибалова А.С., Лившиц И.М.</u> Зональные гармоники солнечного магнитного поля как индексы при прогнозировании солнечной цикличности . . . . .	62
<u>Овчинникова Н.Е., Лебедев М.К., Рипак А.М., Богод В.М.</u> Методы факторного анализа для обработки многоволновых данных солнечного радиоизлучения. Ч. 1. Анализ главных компонент (РСА) . . . . .	63
<u>Овчинникова Н.Е., Лебедев М.К., Рипак А.М., Богод В.М.</u> Методы факторного анализа для обработки многоволновых данных солнечного радиоизлучения. Ч. 2. Параллельный факторный анализ (PARAFAC) . . . . .	64
<u>Огурцов М.Г.</u> Вариации концентрации космогенных изотопов в эпоху Шпёереровского минимума . . . . .	65
<u>Наговицын Ю.А., Осипова А.А.</u> Среднегодовая суммарная площадь солнечных пятен за последние 410 лет: наиболее вероятные значения и пределы их неопределенностей . . . . .	65
<u>Васильев Г.И., Дергачёв В.А., Константинов А.Н., Кудрявцев И.В., Остряков В.М., Павлов А.К., Фролов Д.А.</u> Солнечная активность за последние миллионы лет по данным о долгоживущих радионуклидах в лунных породах . . . . .	66
<u>Певцов А.А., Тлатов А.Г.</u> Развитие мировой сети Службы Солнца и российская сеть . . . . .	67
<u>Козюков А.Е., Протопопов Г.А., Бондарев Е.А., Чубунов П.А., Репин А.Ю., Денисова В.И., Цургаев А.В.</u> Вариации потоков протонов ГКЛ в период 2012–2020 по данным с КА РФ на ГСО . . . . .	69
<u>Птицына Н.Г., Демина И.М.</u> Разветвление векового солнечного цикла Глейсберга как проявление частотной модуляции . . . . .	70

<u>Роденко С.А., Галикян Н.Г., Майоров А.Г., Юлбарисов Р.Ф.</u> Солнечная модуляция антипротонов в 23/24 циклах солнечной активности	70
<u>Романов Д.В., Романов К.В., Романов В.А., Степанов Е.А., Майоров А.О.</u> Математическое моделирование зарождения солнечных пятен на фотосферном уровне Солнца	71
<u>Рябов М.И., Сухарев А.Л., Орлюк М.И., Безруков В., Галанин В.В., Иванчишин О.Л., Событняк Л.И., Комендант В.Г.</u> Космическая «Дуга Струве» как индикатор проявлений солнечной и геомагнитной активности	72
<u>Сжакин А.А., Волобуев Д.М.</u> Причинная связь между климатическими индексами океана и солнечной постоянной за последние 100 лет	74
<u>Смирнова В.В., Рыжов В.С., Цап Ю.Т.</u> Суб-терагерцовые наблюдения солнечных протуберанцев на частотах 93 и 140 ГГц	74
<u>Событняк Л.И., Рябов М.И., Сухарев А.Л., Орлюк М.И.</u> Каталог магнитных бурь для зоны одесской магнитной аномалии, как отклик на проявления космической погоды в 21–24 циклах солнечной активности	75
<u>Соколов Д.Д., Малова Х.В., Маевский Е.В., Юшков Е.В., Попов В.Ю.</u> Звездное динамо и строение токовых слоев	76
<u>Соловьев А.А., Королькова О.А.</u> Тороидальная магнитная конфигурация типа «ТОКАМАК» в солнечной атмосфере	76
<u>Соловьев А.А.</u> Бессильные магнитные жгуты на Солнце	77
<u>Степанов А.В., Зайцев В.В.</u> О природе рентгеновского излучения коричневых карликовых звезд	78
<u>Стороженко А.А., Богод В.М., Перваков А.А., Шлензин С.В.</u> Солнечный спектрально-поляризационный комплекс для наблюдений в широких динамическом и частотном диапазонах на РАТАН-600	79
<u>Стороженко А.А., Богод В.М., Лебедев М.К., Хайкин В.Б., Перваков А.А., Гречкин А.А.</u> Система автоматического управления приемным зеркалом РАТАН-600 для режима слежения	80
<u>Стрекалова П.В., Смирнова В.В., Наговицын Ю.А.</u> Отождествление магнитной структуры факельного образования в УФ-диапазоне	81
<u>Струмминский А.Б., Григорьева И.Ю.</u> Последовательные вспышки X5.4 и X1.3 7 марта 2012 года и сопровождавшие их корональные выбросы массы	81
<u>Ступишин А.Г., Анфиногентов С.А., Шендрик А.В., Кальтман Т.И.</u> Модернизация каталога горячих струй и перспективы его развития	82
<u>Ступишина О.М., Головина Е.Г.</u> Соответствие вариаций космической погоды атмосферным циркуляционным процессам	83

<u>Тлатов А.Г., Березин И.А.</u> Наблюдения восходящих потоков вещества в хромосфере . . . . .	84
<u>Тлатова К.А., Васильева В.В., Березин И.А., Тлатов А.Г.</u> Сравнительный анализ свойств групп солнечных пятен и методов подсчета индекса пятен . . . . .	85
<u>Иванов Д.В., Ипатов А.В., Рахимов И.А., Андреева Т.С., Ильин Г.Н., Олифирова В.Г., Топчило Н.А., Петерова Н.Г.</u> Солнечное затмение 10.06.2021 года по наблюдениям в обсерваториях «Зеленчукская» и «Бадары» (первые результаты) . . . . .	86
<u>Фёдоров В.М.</u> Инсоляционная контрастность и тенденции изменения современного глобального климата . . . . .	87
<u>Фёдоров В.М., Костин А.А., Фролов Д.М.</u> Особенности облучения поверхностей высотных уровней . . . . .	88
<u>Филатов Л.В., Мельников В.Ф.</u> Стохастическое доускорение нетепловых электронов при их взаимодействии с турбулентностью вистлеров во вспышечных петлях . . . . .	89
<u>Фурсяк Ю.А., Абраменко В.И.</u> О возможности сопоставления временных вариаций температуры в короне с динамикой распределенного электрического тока в активной области . . . . .	90
<u>Холтыгин А.Ф., Моисеева А.В., Якунин И.А., Бурлак М.А., Иконникова Н.П., Циопа О.А., Костенков А.Е., Курдюжкова М.С.</u> Сверхбыстрые звездные пульсации от O до A звезд . . . . .	91
<u>Цап Ю.Т., Степанов А.В., Копылова Ю.Г., Ханенйчук О.В.</u> О происхождении долгопериодических альфвеновских волн в короне Солнца . . . . .	92
<u>Чариков Ю.Е., Шабалин А.Н., Склярова Е.М.</u> Генерация рентгеновских спайков в плазме солнечных вспышек . . . . .	92
<u>Чернов Г.П., Фомичев В.В.</u> Тонкая структура стационарных и движущихся радиовсплесков IV типа . . . . .	93
<u>Шабалин А.Н., Чариков Ю.Е.</u> Корональные источники жесткого рентгеновского излучения на начальной стадии вспышки в модели коллапсирующих ловушек . . . . .	94
<u>Шаповалов С.Н., Иванов И.В., Москвин И.В., Соколов В.Т., Угрюмов Ю.В.</u> Флуктуации солнечного излучения UVB–UVA на архипелагах Шпицберген и Северная Земля в летнее солнцестояние 22.06.2021 года . . . . .	95
<u>Шаповалов С.Н.</u> Корреляция общего числа эпидемий в мире с УФ-индексом и солнечной активностью за период 24 цикла . . . . .	95
<u>Зайцев В.В., Шапошников В.Е.</u> Плазменный механизм в ионосфере экзопланеты HD189733b . . . . .	96
<u>Шибяев И.Г.</u> Согласование параметров восстановленной части ряда чисел Вольфа по характеристикам его достоверной части . . . . .	97

<i>Шивидов Н.К., Хонгорова О.В., Михальев Б.Б.</i> Затухание изгибных колебаний корональных петель с электрическими токами . . .	98
<i>Шлык Н.С., Белов А.В., Абуин А.А., Абунина М.А.</i> Геоэффективность парных взаимодействующих возмущений солнечного ветра	99
<i>Шляпников А.А.</i> Отождествление красных карликов с рентгеновскими источниками в области «первого света» обсерватории eROSITA . . . . .	99
<i>Якунина Г.В.</i> Потoki вещества в солнечной короне по наблюдениям в белом свете . . . . .	101
Оглавление . . . . .	102
Список авторов . . . . .	110

## Список авторов

- Абдусаматов Х.И., 3, 4  
Абраменко В.И., 5, 11, 35, 90  
Абрамов-Максимов В.Е., 6, 14  
Абунин А.А., 6, 99  
Абунина М.А., 6, 99  
Авакян С.В., 7, 9  
Андреева О.А., 11, 12  
Андреева Т.С., 86  
Анфиногентов С.А., 40, 82  
Арлыт Р., 37  
Асеновски С., 46  
Ахтемов З.С., 13  
Бакунина И.А., 6, 14  
Баранов Д.Г., 21, 58  
Баранова Л.А., 7, 9  
Безруков В., 72  
Белов А.В., 6, 99  
Березин И.А., 15, 84, 85  
Беспалов П.А., 15  
Биленко И.А., 16  
Богод В.М., 17, 63, 64, 79, 80  
Бондарев Е.А., 69  
Бондарь Н.И., 19  
Бурлак М.А., 91  
Василенко Т.А., 45  
Васильев Г.И., 19, 66  
Васильева В.В., 85  
Веретененко С.В., 20  
Вернова Е.С., 21, 58  
Волобуев Д.М., 21, 74  
Вольвач А.Е., 25  
Вохмянин М.В., 37  
Гаваев Б.С., 32  
Галанин В.В., 72  
Галикян Н.Г., 70  
Георгиева К., 46  
Гетлинг А.В., 22, 23  
Головина Е.Г., 83  
Голубков В.С., 24, 55  
Голубчина О.А., 25  
Гопасюк О.С., 25  
Горбачев М.А., 26  
Гречкин А.А., 80  
Гречнев В.В., 51  
Григорьева И.Ю., 27, 81  
Губченко В.М., 28  
Гуляева Т.Л., 30  
Данилова О.А., 31  
Демина И.М., 70  
Денисова В.И., 69  
Дергачев В.А., 31  
Дергачёв В.А., 50, 66  
Дертеев С.Б., 32, 60  
Джимбеева Л.Н., 32  
Дмитриев П.Б., 33  
Ефремов В.И., 34  
Жанг Дж. , 44  
Жукова А.В., 35  
Загайнова Ю.С., 36  
Зайцев В.В., 78, 96  
Золотова Н.В., 37  
Иванов В.Г., 38  
Иванов Д.В., 86  
Иванов И.В., 95  
Иванчишин О.Л., 72  
Иконникова Н.П., 91  
Илларионов Е.А., 38  
Ильин Г.Н., 86  
Ипатов А.В., 86  
Калинин А.А., 39  
Калинина Н.Д., 39  
Кальтман Т.И., 40, 52, 54, 82  
Карачик Н.В., 42, 59  
Карлицки М., 40  
Кафтан В.И., 48  
Кацова М.М., 19, 42, 43  
Кашапова Л.К., 44

Кашпарова Я., 61  
 Кириллов А.К., 45  
 Киров Б., 46  
 Клиорин Н.И., 46  
 Кобяков Д.Н., 47  
 Козюков А.Е., 69  
 Колотков Д.Ю., 44, 52  
 Комендант В.Г., 72  
 Комитов Б.П., 48  
 Константинов А.Н., 66  
 Копылова Ю.Г., 92  
 Королькова О.А., 76  
 Косовичев А.Г., 22, 23  
 Костенков А.Е., 91  
 Костин А.А., 88  
 Котов В.А., 49  
 Крамынин А.П., 49  
 Крякунова О.Н., 6  
 Кудрявцев И.В., 40, 50, 66  
 Кудрявцева А.В., 44  
 Кузанын К.М., 46  
 Кузнецов А.А., 52  
 Кузьменко И.В., 51  
 Куприянова Е.Г., 44, 52  
 Курдоякова М.С., 91  
 Курочкин Е.А., 53  
 Лебедев М.К., 17, 63, 64, 80  
 Лившиц И.М., 62  
 Лукичева М.А., 40  
 Маевский Е.В., 76  
 Майоров А.Г., 24, 55, 70  
 Майоров А.О., 71  
 Макоев Г.А., 54  
 Малахов В.В., 55  
 Малащук В.М., 11, 13  
 Малова Х.В., 76  
 Манкаева Г.А., 60  
 Мельников В.Ф., 14, 56, 89  
 Мерзляков В.Л., 57, 58  
 Миненко А.П., 59  
 Миненко Е.П., 42, 58  
 Михалина Ф.А., 49  
 Михалыев Б.Б., 32, 60, 61, 98  
 Мишенина Т.В., 42  
 Моисеева А.В., 91  
 Моргачев А.С., 14, 61  
 Москвин И.В., 95  
 Моторина Г.Г., 61  
 Нага Варун Е., 61  
 Наговицын Ю.А., 65, 81  
 Накаряков В.М., 40, 52  
 Низамов Б.А., 42  
 Обридко В.Н., 43, 62  
 Овчинникова Н.Е., 63, 64  
 Огурцов М.Г., 65  
 Олифинов В.Г., 86  
 Орлюк М.И., 72, 75  
 Осипова А.А., 65  
 Остряков В.М., 66  
 Павлов А.К., 66  
 Парфиненко Л.Д., 34  
 Певцов А.А., 67  
 Перваков А.А., 79, 80  
 Петерова Н.Г., 53, 86  
 Пипин В.В., 62  
 Попов В.Ю., 76  
 Поршнев С.В., 46  
 Протопопов Г.А., 69  
 Птицына Н.Г., 31, 70  
 Пустовалова Л.В., 30  
 Рахимов И.А., 86  
 Решин А.Ю., 69  
 Рид Х.А.С., 44  
 Рипак А.М., 17, 63, 64  
 Рогачевский И.В., 46  
 Роденко С.А., 55, 70  
 Романов В.А., 71  
 Романов Д.В., 71  
 Романов К.В., 71  
 Рыжов В.С., 74  
 Рябов М.И., 72, 75  
 Савина О.Н., 15  
 Сафиуллин Н.Т., 46

Сейфуллина Б.Б., 6  
Скакун А.А., 74  
Склярова Е.М., 92  
Смирнова В.В., 34, 61, 74, 81  
Собитняк Л.И., 72, 75  
Соколов В.Т., 95  
Соколов Д.Д., 35, 38, 43, 62, 76  
Соловьев А.А., 34, 76, 77  
Старкова Л.И., 57  
Степанов А.В., 78, 92  
Степанов Е.А., 71  
Стороженко А.А., 79, 80  
Стрекалова П.В., 81  
Струминский А.Б., 27, 81  
Ступишин А.Г., 40, 54, 82  
Ступишина О.М., 83  
Сухарев А.Л., 72, 75  
Тан Ч.М., 44  
Тлатов А.Г., 15, 67, 84, 85  
Тлатова К.А., 85  
Топчило Н.А., 53, 86  
Тясто М.И., 21, 31  
Угрюмов Ю.В., 95  
Файнштейн В.Г., 36  
Филатов Л.В., 56, 89  
Фомичев В.В., 93  
Фролов Д.А., 66  
Фролов Д.М., 88  
Фурсяк Ю.А., 90  
Фёдоров В.М., 87, 88  
Хайкин В.Б., 80  
Ханенийчук О.В., 92  
Хлыстова А.И., 35  
Холтыгин А.Ф., 91  
Хонгорова О.В., 98  
Цап Ю.Т., 13, 61, 74, 92  
Цепакина И.Л., 6  
Цюпа О.А., 91  
Цургаев А.В., 69  
Чариков Ю.Е., 92, 94  
Чернов Г.П., 93  
Чжао Цзюньвэй, 23  
Чубунов П.А., 69  
Шабалин А.Н., 92, 94  
Шаин А.В., 14  
Шаповалов С.Н., 95  
Шапошников В.Е., 96  
Шаховская А.Н., 27  
Шендрик А.В., 53, 82  
Шибает И.Г., 97  
Шибалова А.С., 62  
Шивидов Н.К., 98  
Шлензин С.В., 79  
Шлык Н.С., 6, 99  
Шляпников А.А., 26, 42, 99  
Юлбарисов Р.Ф., 70  
Юшков Е.В., 76  
Якубовская И.В., 25  
Якунин И.А., 91  
Якунина Г.В., 101