

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ГЛАВНАЯ (ПУЛКОВСКАЯ) АСТРОНОМИЧЕСКАЯ
ОБСЕРВАТОРИЯ

**СОЛНЕЧНАЯ
И СОЛНЕЧНО-ЗЕМНАЯ ФИЗИКА — 2018**

*XXII ВСЕРОССИЙСКАЯ ЕЖЕГОДНАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ
ПО ФИЗИКЕ СОЛНЦА*

8 – 12 октября 2018 года

Санкт-Петербург
2018

Сборник содержит тезисы докладов, представленных на XXII Всероссийскую ежегодную конференцию по физике Солнца «Солнечная и солнечно-земная физика — 2018» (8 – 12 октября 2018 года, ГАО РАН, Санкт-Петербург). Конференция проводится Главной (Пулковской) астрономической обсерваторией РАН при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, 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. сопредседателей*), В.И. Абраменко (*КРАО*), В.М. Богод (*САО РАН*), И.С. Веселовский (*НИИЯФ МГУ, ИКИ РАН*), К. Георгиева (*ИКСИ-БАН, Болгария*), В.А. Дергачев (*ФТИ РАН*), 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*).

Вариации космических лучей и облачного покрова практически не влияют на климат

Абдусаматов Х.И.

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

Считается, что долговременное увеличение площади облачного покрова в нижней атмосфере Земли, вызванное предположительно влиянием роста потока галактических космических лучей в период квазидвухвекового глубокого минимума солнечной активности, приводит к заметному росту отраженной части поступающего солнечного излучения обратно в космос. И это ведет к отрицательному среднегодовому энергетическому бюджету Земли и охлаждению климата вплоть до Малого ледникового периода. Однако данная гипотеза безосновательно полностью игнорирует безусловное влияние квазидвухвековой вариации солнечной постоянной порядка 0.4% [1] на изменение климата, а также последующих изменений физических характеристик атмосферы, обусловленных ростом площади облачного покрова, и вторичных причинно-следственных эффектов обратной связи. Впервые нами проведена оценка противоположно направленных неизведанных аспектов энергетического воздействия увеличения площади и оптической плотности облачного покрова одновременно и на увеличение поглощения и отражения теплового излучения поверхности Земли и отраженного от нее солнечного излучения обратно к поверхности, а также значительное усиление парникового эффекта. Они приводят к сужению пропускания окон атмосферной прозрачности и представляют собой важный источник накопления дополнительной энергии нагрева, что практически компенсирует возможное охлаждение. Проведенные нами энергетические расчеты показывают, что среднегодовой энергетический бюджет Земли до и после увеличения площади облачного покрова на 2% в нижней атмосфере Земли имеет практически нулевую разность $E1 - E0 \approx 0$. Итак, воздействие долговременного увеличения площади облачного покрова, вызванного предположительно влиянием роста потока космических лучей, на изменение среднегодового энергетического бюджета Земли и, следовательно, климата практически отсутствует.

- [1] Egorova T., Schmutz W., Rozanov E., Shapiro A.I., Usoskin I., Beer J., Tagirov R.V., Peter T. Revised historical solar irradiance forcing // arXiv:1804.00287v1 [astro-ph.SR] 1 Apr 2018

Турбулентная диффузия мелкомасштабного магнитного поля внутри и вне активных областей

Абраменко В.И.

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

В серии недавних работ [1-4] было показано, что в невозмущенной фотосфере дисперсия мелкомасштабных магнитных элементов по поверхности Солнца происходит в режиме супер-диффузии. В таком режиме коэффициент турбулентной диффузии η_t возрастает прямо пропорционально (линейному и временному) масштабу, а степенной показатель γ спектра смещений существенно превосходит единицу – значение, характерное для режима нормальной диффузии. Величина γ составляет (1.3–1.6) в невозмущенных областях [1-4], а коэффициент турбулентной диффузии η_t растет от 20 до 300 км² с⁻¹ при возрастании масштаба от 20 до 6000 км [1,4].

Невозмущенные области занимают около 80% поверхности Солнца, и естественно, режим дисперсии поля в них существенно влияет на процессы, связанные с солнечным циклом. При этом вопрос о том, как происходит дисперсия мелкомасштабных магнитных элементов внутри активных областей, остается открытым. Она может происходить в том же режиме, что и в окружающей невозмущенной фотосфере, но может и существенно отличаться, неся в себе признаки турбулентных процессов на глубинах, где формировалась активная область (АО). Представлены результаты исследования режима турбулентной диффузии в четырех АО с разным уровнем вспышечной активности и на разных стадиях эволюции. Показано, что мелкомасштабные магнитные элементы в АО диффундируют в режиме, более близком к нормальной диффузии по сравнению с невозмущенной фотосферой: показатель γ составляет 1.02-1.17. Коэффициент турбулентной диффузии η_t возрастает в пределах 120-130 км² с⁻¹ для АО с $\gamma=1.02$ и в пределах 145-240 км² с⁻¹ для АО с $\gamma=1.17$. Режим диффузии, по-видимому, не зависит от индивидуальных свойств АО, таких как уровень вспышечной продуктивности, стадия развития, магнитный поток.

Можно заключить, что мелкомасштабные магнитные элементы в АО не являются представителями невозмущенной фотосферы, а принадлежат общей когерентной магнитной структуре, объединенной в активную область. Турбулентные свойства мелкомасштабных магнитных элементов, скорее всего, не связаны с процессами над фотосферой, но несут в себе информацию о подфотосферной динамике замагниченной плазмы.

Работа была частично поддержана грантами РФФИ 16-02-00221 А and 17-02-00049.

- [1] Abramenko V. I., Carbone V., Yurchyshyn V., Goode P. R., Stein R. F., Lepreti F., Capparelli V., Vecchio A. // *Astrophys. J.*, 2011, v. 743, p. 133

- [2] Giannattasio F., Del Moro D., Berrilli F., Bellot Rubio L., Gosic M., Orozco Suarez D. // *Astrophys. J.*, 2013, v. 770, p. L36
- [3] Giannattasio F., Stangalini M., Berrilli F., Del Moro D., Bellot Rubio L. // *Astrophys. J.*, 2014, v. 788, p. 137
- [4] Abramenko V.I. // *MNRAS*, 2017, v. 471, p. 3871

Эволюция активной области Солнца 12673 по данным РАТАН-600, NoRH и SDO

Абрамов-Максимов В.Е.¹, Боровик В.Н.^{1, 2}, Опейкина Л.В.²,
Тлатов А.Г.^{1, 3}

¹ ГАО РАН, С.-Петербург,

e-mail: beam@gaoran.ru, vnborovik@mail.ru, tlatov@mail.ru

² САО РАН, Нижний Архыз, *e-mail: lvo@sao.ru*

³ Калмыцкий государственный университет, Элиста

Представлен анализ микроволнового излучения и магнитографических характеристик активной области (АО) NOAA 12673 с целью выявления признаков подготовки больших вспышек. В АО NOAA 12673 в сентябре 2017 г. произошли самые мощные вспышки 24-го цикла солнечной активности (X9.3 и X8.2). Для сравнения была рассмотрена также одновременно наблюдавшаяся развитая АО NOAA 12674, в которой было только несколько слабых вспышек C-класса. Анализ основан на данных наблюдений в микроволновом диапазоне на радиотелескопах РАТАН-600 и NoRH, а также магнитографических наблюдениях на космической обсерватории SDO/HMI. Перед первой большой вспышкой в АО NOAA 12673 (M5.5) зарегистрирован резкий рост градиента магнитного поля с последующим его уменьшением непосредственно перед вспышкой и значительное возрастание интенсивности микроволнового излучения АО. В АО NOAA 12674 не обнаружено заметных изменений градиента магнитного поля и микроволнового излучения. Полученные данные могут быть использованы для разработки методов прогноза мощных (геоэффективных) вспышек на Солнце.

Колебания в активных областях Солнца перед вспышками

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

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

² Национальный исследовательский университет Высшая школа
экономики, Нижний Новгород

Представлен анализ короткопериодических колебаний микроволнового излучения активных областей Солнца перед вспышками. Обнаружено усиление мощности колебаний непосредственно перед вспышкой. Эффект может быть интерпретирован как связь МГД-волн, распространяющихся вдоль силовой трубки пятна и началом солнечной вспышки.

Возмущения межпланетной среды и поведение высокоэнергичных магнитосферных электронов

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

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

² КалмГУ, Элиста

³ Институт ионосферы, Алматы

⁴ БНК, Бугуруслан

В данной работе исследуются особенности поведения высокоэнергичных магнитосферных электронов (с энергиями более 2 МэВ) во время межпланетных возмущений, вызванных корональными выбросами плазмы и высокоскоростными потоками солнечного ветра из корональных дыр. Анализируется более чем тридцатилетний период наблюдений таких электронов (1986-2017). Показано, что корональные выбросы плазмы и высокоскоростные потоки из корональных дыр по-разному влияют на поведение высокоэнергичных магнитосферных электронов. В создании электронных возрастных высокоскоростные потоки эффективнее корональных выбросов.

Возможности базы данных для изучения Форбуш-эффектов и межпланетных возмущений

Абунин А.А.^{1,2}, Абунина М.А.¹, Белов А.В.¹, Гайдаш С.П.¹,
Ерошенко Е.А.¹, Прямушкина И.И.³, Янке В.Г.¹

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

²КалмГУ, Элиста

³БНК, Бугуруслан

Для всестороннего изучения Форбуш-эффектов и их связи с солнечными, межпланетными и геомагнитными возмущениями сотрудниками ИЗМИРАН была создана (и непрерывно пополняется) уникальная база данных транзиентных явлений в космических лучах и межпланетной среде. В ней вариации плотности и анизотропии космических лучей объединены с солнечными, межпланетными и геомагнитными параметрами. База данных включает в себя большое количество различных характеристик по около 7500 Форбуш-эффектам, охватывающих более чем полувековой период наблюдений (1957-2017). В представленной работе продемонстрированы некоторые из возможностей данного инструмента.

Вклад аэрокосмической физической оптики в решение актуальных биофизических проблем

Авакян С.В.¹, Баранова Л.А.²

¹Всероссийский научный центр «Государственный оптический
институт им. С.И. Вавилова», e-mail: avak@soi.spb.ru

²Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН,
Санкт-Петербург, Россия, e-mail: l.baranova@mail.ioffe.ru

В рамках супрамолекулярной солнечно-земной физики рассматривается совокупность новых процессов из физической оптики с учётом микроволнового излучения земной ионосферы. Такое микроволновое излучение, зарегистрированное в наземных наблюдениях, по интенсивности полностью соответствует текущему уровню возмущения ионосферы под действием главных факторов солнечно-геомагнитной активности: коротковолновых вспышек на Солнце и высыпаний электронов из радиационных поясов при мировых магнитных бурях.

Предложено решение вопроса: к чему приводит воздействие внешнего микроволнового поля на водную среду организмов. Привлекается известный механизм ассоциатообразования с учётом высокого сродства к протону у молекул воды [1].

В докладе впервые предложено учитывать:

1). Индуцированное излучение квантов исходной частоты и направления распространения при ассоциатообразовании в водном биорастворе, в том числе в живом организме, в процессе поглощения квантов микроволнового потока внешнего происхождения, что вызывает рост числа и размеров кластеров с участием молекул воды. Такое излучение (составляющее до половины от всего поглощённого жидкой средой организма потока) увеличивает глубину проникновения спектра микроволн внутрь организма.

2). Безизлучательную столкновительную передачу энергии ридберговского возбуждения от водных ассоциатов к молекулам биоматериалов, включая ДНК.

На основании проведённого рассмотрения в докладе предлагается объяснение:

– эффекта «больших разбавлений» — когда в растворах некоторых биологически активных веществ усиливается ассоциатообразование [2] при свежеразбавлениях водой вплоть до минимальных концентраций,

– явлениям, экспериментально обнаруженным в среде вирусов, включая вирус СПИДА, в [3], с учётом воздействия микроволнового излучения ионосферы и штарковского сдвига ридберговских уровней в поле температурного излучения среды.

- [1] Авакян С.В. Супрамолекулярная физика окружающей среды: климатические и биофизические аспекты // Вестник РАН, 2017, 87, №5, 458-466.
- [2] Коновалов А.И. Образование наноразмерных молекулярных ансамблей в высокоразбавленных водных растворах // Вестник РАН, 2013, 83, №12, 1076-1082.
- [3] Montagnier L.e.a. DNA waves and water // J. of Phys., Confer. Ser., 2011, 306, 012007.

**Вариации скорости вращения корональной дыры
2015-2017 гг**

Андреева О.А., Малащук В.М.

*ФГБУН “Крымская астрофизическая обсерватория РАН” 298409,
Республика Крым, Бахчисарайский р-н., пгт. Научный,
e-mail: olga@craocrimea.ru*

Проведено исследование вариаций скорости вращения корональной дыры в процессе ее эволюции. Работа основана на анализе изображений полного диска Солнца, полученных SDO/AIA в линии Fe XII 19.3 нм в 2015-2017 гг. Определено, что скорость вращения КД, в максимальной фазе ее развития, больше скорости вращения диска Солнца. Это свидетельствует о том, что источник образования КД и источник фонового поля находятся на разных глубинах.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ № 17-42-92017 р_а.

**Изменение вертикальных границ корональной дыры
в атмосфере Солнца**

Андреева О.А., Малащук В.М.

*ФГБУН “Крымская астрофизическая обсерватория РАН” 298409,
Республика Крым, Бахчисарайский р-н., пгт. Научный,
e-mail: olga@craocrimea.ru*

Выполнен анализ изменения вертикальных границ КД, по наблюдениям в линиях He I 1083 нм и Fe XII 19.3 нм в 2015-2017 годах. Показано, что наблюдаемые границы КД, очень близки как в направлении E-W, так в направлении N-S. Границы ГКД, определенные по силовым линиям магнитного поля для фотосферы, хорошо согласуются в моменты начала и окончания существования КД с наблюдаемыми границами, но отличаются в максимуме развития КД. Максимальное расширение КД происходит от фотосферы до хромосферы, дальше идет радиальное расширение.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ № 17-42-92017 р_а.

Вклад крымских ученых в изучение корональных дыр

Малащук В.М., Андреева О.А.

ФГБУН “Крымская астрофизическая обсерватория РАН” 298409,
Республика Крым, Бахчисарайский р-н., пгт. Научный,
e-mail: olga@crasrimea.ru

Исследование корональных дыр (КД) — одно из важных направлений изучения физических процессов на Солнце в Крымской астрофизической обсерватории (КраО). Оно было начато в конце 90-х годов прошлого века, с введением в строй Универсального спектрофотометра на Башенном Солнечном телескопе БСТ-2, и продолжается до настоящего времени. Основой исследований, кроме наземных наблюдений в линии He I 1083 нм, послужили наблюдения, выполненные различными космическими инструментами.

В нескольких циклах представлены серии работ крымских ученых, исследующих КД, структуру, напряженность магнитных полей и их связь с окружающими солнечными образованиями в интервале высот от фотосферы до поверхности источника.

Изучение динамических и статистических характеристик КД очень важно для нашего понимания физических процессов, определяющих состояние солнечной активности и связи между Солнцем и геосферой.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ № 17-42-92017 р_а.

Моделирование распространения корональных выбросов массы и прогноз геомагнитной активности по данным наземных патрульных наблюдений

Арабаджян Д.К.¹, Пащенко М.П.¹, Тлатов А.Г.^{1,2}

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

²КалмГУ, Элиста

В настоящее время одной из наиболее актуальных задач в исследовании солнечно-земных связей является изучение и прогноз космической погоды (КП), вызываемой солнечной активностью. Одним из основных факторов космической погоды являются высокоскоростные потоки солнечного ветра, от источников с открытой конфигурацией магнитных силовых линий. Оценка этих потоков, а также прогноз их интенсивности на несколько дней является предметом службы КП.

Второй составляющей прогноза КП является учет вспышечных процессов и КВМ. Определение "фоновых" параметров межпланетной плазмы является отправной точкой для моделирования распространения корональных выбросов массы. При спорадических всплесках солнечной активности с КВМ плазма выброса встречает на своем пути и взаимодействует с плазмой фонового солнечного ветра, так что распространение и в этом случае зависит от фонового состояния межпланетной среды, которое необходимо учитывать при моделировании возмущения. Одним из подходов в решении задачи прогноза распространения КВМ могут модели, основанные на предположении, что вне определенного гелиоцентрического расстояния распространение КВМ регулируется исключительно его взаимодействием с окружающим солнечным ветром, т. е. что ускорение/замедление КВМ может быть выражено через магнитогидродинамический (МГД) аналог аэродинамическое сопротивление (drag-based).

Мы представляем модели и схему прогноза, основанную на наблюдениях телескопа-магнитографа СТОП для определения параметров спокойного солнечного ветра на основе эмпирической модели WSA, определения параметров КВМ на начальном этапе распространения по данным паттерных телескопов и расчет распространения КВМ на основе моделей взаимодействия КВМ с солнечным ветром.

High-speed solar wind streams during the last solar cycles

Asenovski S.N., Asenovska Y.P.

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

High speed solar wind streams (HSS) are recognized as one of the main geomagnetic storm drivers. Since its identification in 1962, our knowledge of this solar activity manifestation become more accurate. Now when we have experimental data for the solar wind parameters for the last four 11 years solar cycles, we can describe the behaviour of the HSS for a relatively long time. Moreover, the current period of the centennial solar activity seems to be in some way "transition" period — from extremely high solar activity, observed during the solar cycles 18–22 until now when we have sensibly low solar activity (24 solar cycle). Several models predict even lower activity during the next cycles. Having measurement on the HSS behaviour for these two different periods (high and low solar activity), we examine how HSS are affected by the centennial solar activity variation.

**Магнитные образования и солнечный ветер по данным
ACE/SWEPAM на фазе спада 24-го цикла
солнечной активности**

Ахтемов З.С.¹, Цап Ю.Т.^{1,2}

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

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

Исходя из результатов измерений площадей корональных дыр, полученных с помощью пакета программ CHIMERA по данным SDO/AIA, а также используя значения скоростей солнечного ветра вблизи Земли (ACE/SWEPAM), исследуется соотношение между площадью корональных дыр и скоростью быстрого солнечного ветра. Показано, что для корональных дыр, расположенных в пределах $\pm 10^\circ$ от центрального меридиана, коэффициент корреляции может меняться в широких пределах (0.5 – 0.7). Установлено, что вклад корональных дыр полярных областей на широтах $> 60^\circ$ в поток высокоскоростного солнечного ветра пренебрежимо мал. Магнитная полярность корональных дыр не оказывает какого-либо заметного влияния на солнечный ветер. Обсуждается возможная связь аномального поведения ветра для кэррингтоновских оборотов CR 2166, 2168, 2174, 2187 и 2188 с локальными магнитными областями в окрестности экватора, что может приводить к отклонению направления распространения заряженных частиц от радиального.

**Влияние ионно-звуковой турбулентности на
теплопроводность в областях скачков температуры
солнечной атмосферы**

Беспалов П.А.¹, Савина О.Н.²

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

² Национальный исследовательский университет – Высшая школа экономики, Нижний Новгород, e-mail: osavina@mail.ru

Для солнечной атмосферы характерны мощные процессы энерговыделения и потери, которые обеспечивают формирование резких скачков

электронной температуры с масштабами порядка длины свободного пробега электронов. Температура нейтральных частиц и ионов не меняется столь резко и электронная температура может быть значительно выше чем температура ионов. Отмеченные обстоятельства служат важными предпосылками существования ионно-звуковой турбулентности и связанных с ней шумовых электрических полей. Мы приводим выражение для эффективной частоты столкновений в плазме с развитой ионно-звуковой турбулентностью. Основываясь на известных экспериментальных данных о потоке тепла из короны в хромосферу и о высотной зависимости температуры и концентрации электронов вблизи переходного слоя, мы получаем оценку эффективной частоты столкновений электронов. Предполагая, что высотная зависимость электронной температуры в основном определяется развитой ионно-звуковой турбулентностью, мы получаем также оценку величины шумовых электрических полей.

Работа поддержана Программой президиума РАН П7Б 'Переменные и взрывные процессы в астрофизике' и грантом РФФИ № 16-12-10528.

- [1] Bespalov P.A., Savina O.N. // Mon. Not. R. Astron. Soc., 2007, v. 382, p. L63, doi: 10.1111/j.1745-3933.2007.00389.x.
- [2] Беспалов П.А., Савина О.Н. // Письма в Астрономический журнал, 2015, т. 41, с. 651, doi: 10.7868/S0320010815100010.

Реакция среднеширотной ионосферы сопряженных областей на космическую погоду

Бикташ Л.З.

ИЗМИРАН

В работе обсуждаются явления, связанные с полугодовыми геомагнитными вариациями, наблюдаемые в равноденствие на среднеширотных обсерваториях Лампедуза, Германус и Цунеб. Основной причиной полугодовых геомагнитных вариаций, наблюдаемые в равноденствия, является ориентация дипольной оси Земли. К второстепенным причинам полугодовых вариаций можно отнести эффект Рассела-Мак Феррона и высокие значения гелиосферной широты Земли в равноденствия, когда наблюдаются высокоскоростные потоки солнечного ветра. Все эти явления вносят определенный вклад в ионосферные вариации. Пространственные и временные вариации параметров среднеширотной ионосферы изучены наиболее детально. Считается, что основными процессами, определяющими

уровень электронной концентрации в среднеширотной ионосфере, являются фотоионизация, диссоциативная рекомбинация и диффузионный перенос плазмы вдоль геомагнитных силовых линий. Во время магнитных бурь наблюдаются существенные изменения пространственно-временной структуры среднеширотной ионосферы называемые ионосферными бурями. Тем не менее, вопрос о вкладе ионосферных токов в геомагнитные вариации активно обсуждается. Учет вклада ионосферных токов в геомагнитные и ионосферные вариации в сопряженных областях среднеширотной ионосферы необходим при расчете геомагнитных индексов. Мы полагаем, что все вышеуказанные причины оказывают влияние на геомагнитные и ионосферные вариации, но основной эффект оказывает то, что Sq вариации имеют два вихря в северном и южном полушариях, и токи в этих вихрях протекают в противоположных направлениях и несколько различаются по амплитудам весной и осенью, что и отражается в геомагнитных индексах (Dst, Kp) как различие в амплитудах полугодовых вариаций в равноденствия.

Циклические изменения температуры Земли на фоне глобального потепления

Бикташ Л.З.

ИЗМИРАН

Представлены результаты анализа длиннопериодных вариаций глобальной температуры Земли 19-24 циклах солнечной активности. Рассматриваются влияние космических лучей и вулканической активности на климат. Показано, что циклические вариации глобальной температуры связаны с солнечной активностью и объясняются механизмом действия потока полной солнечной радиации на атмосферу Земли, модулируемой солнечными и галактическими космическими лучами. Мощные вулканические извержения способны менять климат Земли, понизить ее температуру на 1-2 года, но это происходит крайне редко. Циклический процесс изменения климата Земли в 19-24 циклах солнечной активности не нарушается и обуславливается комбинированным эффектом солнечной и геофизической активности. В отсутствие трендов в космофизических факторах, влияющих на климат, процесс постепенного роста средней годовой температуры Земли в 21-24 циклах солнечной активности объясняется антропогенным фактором.

Циклические вариации фотосферного и межпланетного магнитного поля и параметров солнечного ветра

Биленко И.А.

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

Наблюдаемые солнечные магнитные поля представляют собой суперпозицию постоянно изменяющихся различных по пространственным и временным масштабам магнитных образований. Потоками солнечного ветра солнечные магнитные поля выносятся в межпланетное пространство формируя межпланетное магнитное поле регистрируемое, в основном, на орбите Земли. Закономерности пространственных и временных вариаций межпланетного магнитного поля на различных расстояниях на разных фазах солнечной активности до настоящего времени остаются до конца не выясненными, что значительно затрудняет прогнозирование космической погоды и построение адекватных моделей солнечно-земных связей.

На основе данных за 21–24 циклы солнечной активности проведено исследование динамики крупномасштабных фотосферных магнитных полей Солнца и предложен метод и формула расчета магнитного поля в солнечной короне и межпланетном пространстве на разных расстояниях от Солнца в циклах солнечной активности. Предлагаемая модель расчета магнитного поля основана на наблюдательных данных крупномасштабного не полярного фотосферного магнитного поля и магнитного поля полярных областей Солнца. Которые являются видимым проявлением циклических изменений тороидальной и полоидальной компонент глобального магнитного поля Солнца. Проведено сравнение, рассчитанных при помощи этой модели, значений магнитного поля с данными наблюдений, полученными разными авторами и разными методами на различных расстояниях. Представлено сравнение с существующими современными моделями расчета межпланетного магнитного поля.

На основе полученных результатов рассчитаны различные параметры плазмы на разных расстояниях и получены зависимости их изменений в ходе циклов солнечной активности. Проанализированы наблюдаемые долговременные изменения параметров межпланетного магнитного поля и солнечного ветра на орбите Земли и они сопоставлены с рассчитанными значениями.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что эволюционные изменения структуры и величины крупномасштабного фотосферного магнитного поля формируют условия в атмосфере Солнца, которые определяют долговременные вариации межпланетного магнитного поля и параметров солнечного ветра.

Формирование и эволюционные изменения корональных дыр на фазе роста 23 цикла

Биленко И.А.¹, Тавастшерна К.С.²

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Государственный астрономический институт им. П.К.
Штернберга, Москва, e-mail: ilenko@sai.msu.ru

²Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,
С.-Петербург, e-mail: tavastsherna@rambler.ru

Корональные дыры являются одним из важнейших факторов, определяющих космическую погоду и влияющих на геомагнитную активность. Согласно ряду исследований, происхождение как высокоскоростных, так и низкоскоростных потоков солнечного ветра связано с корональными дырами. Однако вопрос о формировании корональных дыр до сих пор остается открытым, как и не ясны процессы, определяющие динамику корональных дыр в солнечных циклах и их связь с другими явлениями солнечной активности. Поэтому исследование закономерностей формирования корональных дыр и их эволюционных изменений в циклах солнечной активности важно и для понимания физики процессов, происходящих на Солнце, и для прогнозирования космической погоды и геомагнитной активности.

В настоящей работе на основе синоптических карт и ежедневных наблюдений фотосферных магнитных полей и корональных дыр в линии He 10830 Å обсерватории Китт Пик и данных наблюдений в EUV диапазоне космической обсерватории SOHO исследуются закономерности формирования и динамики корональных дыр на разных стадиях их эволюции, и проводится сравнение с невозмущенными областями солнечной атмосферы и фотосферы на фазе роста 23 цикла. Рассматриваются различия в формировании и эволюции корональных дыр связанных с активными областями и фоновыми фотосферными магнитными полями. Показано, что корональные дыры, связанные с фоновыми фотосферными магнитными полями характеризуются эволюционными изменениями, определяющимися динамикой глобального магнитного поля Солнца.

Приведены оценки изменения размеров, скорости роста и распада, времени жизни, значений магнитного поля и магнитного потока для корональных дыр различных типов. Выявлены изменения структуры в хромосфере, переходной области, короне и в фотосферных магнитных полях при формировании и эволюции корональных дыр. Рассмотрено влияние изменений глобального и локальных магнитных полей на процессы формирования и эволюции корональных дыр.

**Суб-миллиметры на ALMA и микроволны на
РАТАН-600. Сопоставление для активных областей на
Солнце**

Богод В.М.¹, Кальтман Т.И.¹, Лукичева М.А.¹

¹ *Специальная астрофизическая обсерватория РАН,
Санкт-Петербург, Россия*

В связи с началом работы нового уникального радиоастрономического инструмента ALMA проведено сопоставление данных излучения активной области в суб-миллиметровом диапазоне с широкодиапазонными микроволновыми данными на РАТАН-600. Первые наблюдения с высоким разрешением активной области АО 12470 на длинах волн 1, 3 и 3 мм, были получены в ходе тестовой кампании по проверке работы ALMA в 2015 году. Излучение радиоисточников над пятнами были сопоставлены с предсказаниями полуэмпирических моделей атмосферы над тенью пятна и его полутенью. Было обнаружено радикальное отличие изображений пятна и полутени на волнах 1.3 и 3 мм и значительное отличие этих наблюдений от существующих моделей солнечной атмосферы над пятном. С целью тестирования существующих моделей солнечных пятен с учетом новых данных суб-миллиметрового диапазона было проведено сопоставление с многодиапазонными спектрально-поляризационными данными РАТАН-600. Знания о высотном распределении температуры и плотности в атмосфере пятна крайне важны для понимания процесса переноса энергии от солнечной фотосферы вверх в корону в условиях наличия сильных магнитных полей. Информация о температурах на высотах нижней и средней хромосферы доступны по данным ALMA, а на высотах средней и верхней переходной области и короны-по данным РАТАН-600. Спектрально-поляризационные наблюдения сопоставлены с результатами экстраполяции фотосферного магнитного поля и получены оценки коронального магнитного поля.

Работа выполнена в рамках Государственного задания: №АААА-А17-117011810013-4, при частичной поддержке Российским фондом фундаментальных исследований, проект № 18-02-00045.

Циклы звёзд солнечного типа и более холодных карликов

Бондарь Н.И.¹, Кацова М.М.², Лившиц М.А.³

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

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

³ ИЗМИРАН им. Н.В. Пушкова

Многолетние спектральные и фотометрические наблюдения обнаруживают у звёзд с физическими параметрами, близкими к солнечным, и у более холодных, циклические изменения активности. Мы рассматриваем особенности развития циклов у Солнца и звёзд с активностью солнечного типа, а также у быстро вращающихся холодных карликов по массиву, включающему 65 звёзд. Для большинства из них переменность индексов активности исследована на интервалах более 30 лет, а у некоторых — около 100 лет.

У 50 % изученных звёзд циклы имеют длительность 7–18 лет, т.е. сравнимы с солнечным 11-летним циклом. У более холодных карликов с периодами вращения несколько дней медленные изменения блеска (возможно, циклы) проявляются и на более длинной шкале, до 80 лет.

Проведен анализ характера связи между вращением и длиной цикла на диаграмме $P_{\text{cyc}} - P_{\text{rot}}$, откуда следует, что значение $P_{\text{rot}} = 5$ дней является граничным, разделяющим звёзды на две группы. Одну образуют звёзды с периодом вращения больше 5 дней с общей тенденцией возрастания длины цикла с замедлением вращения. Однако эта группа неоднородна. У старых звезд, вращающихся медленнее Солнца, эта связь выражена слабее, чем у более молодых G и K карликов с $5 < P_{\text{rot}} < 20$ дней, и пока у них не выявлено циклов более 20–22 лет. Среди молодых звезд наиболее длинные циклы, до 40 лет, развиваются у K-карликов. Солнце занимает положение между последовательностями старых и молодых звезд. У группы наиболее молодых карликов с $P_{\text{rot}} < 5$ дней определенной связи между вращением и длительностью цикла не выявлено.

Для звёзд каждого спектрального класса рассмотрены амплитуда и длительность основного цикла. По этим параметрам наибольшей активностью отличаются K-карлики.

**Классификация вспышек, основанная
на максимальном потоке в рентгеновском диапазоне
и длительности вспышки**

Бруевич Е.А.

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Государственный астрономический институт им. П.К.
Штернберга, Москва, Россия, e-mail: red-field@yandex.ru*

Вспышечная активность Солнца характеризуется системами классификации, как в оптическом, так и в рентгеновском диапазонах. Самые общепринятые классификации вспышек описывают такие важные параметры, как яркость вспышки в оптическом диапазоне – оптический класс вспышки изменяется от F до B, ее площадь – балл вспышки изменяется от S (менее 2 кв. градусов) до 4 (более 24.7 кв. градусов) и максимальная амплитуда потока в рентгеновском диапазоне 0.1-0.8 нм (рентгеновский класс вспышки изменяется от C до X). Предлагается новая классификация солнечных вспышек – рентгеновский индекс вспышки XI, основанный на измерениях излучения в диапазоне 0.1-0.8 нм на спутниках серии GOES. Индекс XI имеет понятную физическую интерпретацию, связанную с полной энергией вспышки в диапазоне 0.1-0.8 нм. XI легко вычисляется для каждой вспышки с помощью доступных данных GOES. XI может быть использован для оценки вспышек вместе с другими важными геоэффективными параметрами.

**Отображение магнитных бурь в атмосферных
циркуляциях Северного полушария в максимуме
24 цикла солнечной активности**

Вальчук Т.Е.¹, Кононова Н.К.²

¹ *ИЗМИРАН им.Н.В.Пушкова РАН, Москва, Троицк*

² *ИГ РАН, Москва, Старомонетный пер. 29.*

В 24 цикле солнечной активности по данным о числах Вольфа отображена ветвь роста текущего цикла, фаза максимума – это 2015 год, когда проявления магнитных бурь (по материалам обсерваторий Москва и Болдер) были наиболее многочисленны, далее следует фаза спада 24 цикла, предшествующая минимуму 24 цикла, время наступления которого только прогнозируется в настоящее время. Поэтому нами был выбран годовой

интервал 2015 года для сравнительного анализа материалов, характеризующих метеорологические тропосферные характеристики по данным Института Географии [1] за 2015 год в сопоставлении с магнитными бурями. Метеорологические характеристики типизированы в виде 41 типа элементарных циркуляционных механизмов (ЭЦМ), которые имеют суточную дискретизацию.

Все атмосферные циркуляции обусловлены поступлением тепловой энергии от Солнца, эта мера имеет название солнечной постоянной и равна 1367 Вт/м². Принято считать, что в нижней атмосфере Земли все динамические процессы обусловлены преимущественно этим фактором.

Энергетика мощных магнитосферных возмущений вызвана событиями солнечной активности – генерацией потоков плазмы, достигающих магнитосферы Земли – с их приходом в магнитосфере Земли происходит последовательность магнитосферных событий, свидетельствующих о поступлении энергии, которая реализуется в верхней атмосфере Земли в магнитных бурях. Развитие кольцевого тока на расстоянии 4-х радиусов Земли над ее экваториальным поясом говорит о мощности энергетического вклада в магнитосферу планеты. Наша задача – выявить особенности в чередовании тропосферных ЭЦМ при дополнительном поступлении энергии мощных магнитных бурь, таких, как очень большие магнитные бури (ОББ), большие магнитные бури (БМБ) и умеренные магнитные бури (УМБ). 25 событий МБ этих рангов были зарегистрированы магнитными обсерваториями в Москве и Болдере, периоды этих МБ были использованы нами для сравнительного анализа с результатами смены ЭЦМ в 2015г. Результаты сравнительного анализа представлены в заключении и характеризуют тип взаимодействия.

Проявления сжатия гелиосферы при прохождении Солнечной системы через межзвёздные облака

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

¹ ФТИ им. А.Ф.Иоффе, С.-Петербург, e-mail: gennadyivas@gmail.com

² С.-Петербургский Политехнический ун-т Петра Великого

В атмосфере Земли под действием галактических (ГКЛ) и солнечных космических лучей генерируются долгоживущие космогенные радионуклиды (¹⁰Be, ¹⁴C, ³⁶Cl). ¹⁴C после своего образования фиксируется в годичных кольцах деревьев, а ¹⁰Be и ³⁶Cl – в ядрах полярных льдов. Измерение содержания ¹⁴C в датированных образцах при учёте изменений

геомагнитного поля и климата позволяет восстанавливать скорость его образования на длительной временной шкале (десятки тысяч лет). На этой шкале был обнаружен ряд периодов (Маундера, Шпёрера, Вольфа, Оорта и др.) с аномально высокой скоростью образования ^{14}C и других космогенных радионуклидов, которые связывают с низкой солнечной активностью. При этом существенно возрастает поток ГКЛ на орбите Земли из-за снижения модулирующего эффекта Солнца. Недавно было обнаружено новое подобное событие около 5480 до н.э., имеющее, однако, существенно иные временные характеристики. Мы рассматриваем возможность объяснения этого события прохождением Солнечной системой плотного облака межзвездного газа с малыми размерами (10–100 а.е.). В этом случае сжатие гелиосферы приводит к подавлению модулирующего эффекта солнечной активности на ГКЛ без изменения самой активности Солнца. Обсуждаются особенности отражения этого события в природных «архивах», аккумулирующих космогенные изотопы.

60-летний цикл в климате Земли и корреляционных связях между солнечной активностью и циркуляцией нижней атмосферы: новые данные

Веретененко С.В.¹, Огурцов М.Г.^{1,2}

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

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

Продолжено исследование ~60-летних колебаний в климате Земли и динамике корреляционных связей между характеристиками нижней атмосферы и вариациями солнечной активности/галактических космических лучей (СА/ГКЛ). Получены данные, свидетельствующие об изменении знака корреляции давления и нижней облачности в тропосфере внетропических широт с числами Вольфа/потоками ГКЛ в начале 2000-х гг., что указывает на очередное изменение характера эффектов СА/ГКЛ в интенсивности внетропического циклогенеза. Приведены новые доказательства связи между обращениями знака эффектов СА/ГКЛ и сменами эпох крупномасштабной циркуляции атмосферы в североатлантическом и тихоокеанском регионах, обусловленными вариациями состояния стратосферного циркумполярного вихря. Обнаружены доминирующие гармоники с периодами ~80 и ~60 лет в вариациях интегрального потока солнечной радиации согласно обновленной версии реконструкции Хойта и Шаттена [1]. Полученные результаты позволяют предположить, что одной из возможных причин изменений состояния циркумполярного вихря и соответствующих

перестроек крупномасштабной циркуляции являются долговременные вариации прихода солнечной радиации.

[1] Scafetta N., Willson R.C. // *Astrophys. Space Sci.*, 2014, v. 350(2), p. 421.

Асимметрия распределения фотосферного магнитного поля в 21–24 солнечных циклах

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

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

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

Долготная асимметрия распределения сильных и слабых фотосферных магнитных полей изучалась на основе синоптических карт магнитного поля Солнца (NSO Kitt Peak). Объединение данных двух приборов KPVT и SOLIS позволило оценить долготное распределение магнитных полей за 4 солнечных цикла (с 1976 по 2016 гг.). Для определения долготной асимметрии использовался метод векторного суммирования магнитных полей, который позволяет для каждого кэррингтоновского оборота получить суммарный вектор активности с амплитудой, характеризующей величину асимметрии, и фазой, указывающей на активную долготу. Долготная асимметрия исследовалась отдельно для двух групп магнитных полей: сильных ($B > 50$ Гс) и слабых ($B < 5$ Гс). Характер изменения этих двух групп магнитных полей резко отличается. Для сильных полей магнитный поток изменяется с 11-летним периодом в фазе с солнечным циклом, в то время как поток слабых полей изменяется в противофазе с солнечным циклом. Долготная асимметрия рассматривалась для северного и для южного полушарий Солнца и для разных фаз солнечного цикла. Показано скачкообразное изменение активной долготы как при смене знака полярного поля, так и при смене полярностей ведущих и ведомых пятен в минимуме солнечной активности. Максимум долготного распределения для сильных полей приходится на 180° для периода от минимума до переполюсовки и на $0^\circ/360^\circ$ для периода от переполюсовки до минимума. Активные долготы для слабых полей также изменяются на 180° при смене полярностей магнитных полей, однако их локализация противоположна локализации сильных полей: максимум долготного распределения для слабых полей приходится на $0^\circ/360^\circ$ для периода от минимума до переполюсовки и на 180° для периода от переполюсовки до минимума.

Устойчивость локализации максимумов долготного распределения в течение четырех солнечных циклов свидетельствует в пользу гипотезы о жестком вращении активных долгот.

Вариации космической погоды как причина возникновения артефактов в точных измерениях

Владимирский Б.М.

Крымский Федеральный Университет им. В.И.Вернадского (Крым, Симферополь)

В настоящее время установлено, что влияние космической погоды имеет место не только на биологические системы. Накопленные данные определенно указывают на вмешательство вариаций космической погоды в физико-химическую кинетику. Такое воздействие реализуется главным образом через влияние сверх- длинных радиоволн магнитосферного (ионосферного) происхождения на спиновую подсистему вещества. Среди нетривиальных эффектов космической погоды в техносфере наименее изучены паразитные вариации в точных измерениях. Представлен каталог случаев, где такие аномальные вариации присутствуют в явном виде. Ситуация иллюстрируется на материале многолетних уточняющих измерений константы гравитации, где обнаружен известный космофизический период 27 суток и корреляция с индексом геомагнитной активности. Бесспорные артефакты найдены при регистрации потока солнечных нейтрино, интенсивности космических лучей и скорости радиоактивного распада — из-за влияния космической погоды на эффективность регистрации счетчиковыми приборами. В некоторых подробностях обсуждается присутствие фиктивных коротко- периодических вариаций — собственных колебаний Земли — в микроволновом излучении космических водных мазеров.

Особенности пространственно-временной кластеризации в диаграмме «бабочек» Маундера

Волобуев Д.М.¹, Макаренко Н.Г.¹, Князева. И.С.^{1,2}

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

² СПбГУ, С.-Петербург, e-mail: iknyazeva@gmail.com

Диаграмма «бабочек», построенная по Гринвичским наблюдениям площадей пятен, является основным объектом для моделирования при описании солнечного цикла в рамках теории магнитного динамо. Пятна большой площади организованы в пространственно-временные кластеры в пределах крыла бабочки, что не описывается существующими моделями динамо. Не исключено, что эта пространственная организация может быть использована в качестве долговременных прекурсоров сильных возмущений космической погоды.

В данной работе мы рассматриваем вероятностную меру (pdf), генерируемую распределением площадей (энергии) на крыльях бабочки, используя методы информационной геометрии. Мы анализируем семейство pdf на единичной сфере с помощью метрики Фишера-Рао. Касательное расслоение и экспоненциальное отображение позволяют вычислить расстояния и среднее Карчера по всем крыльям. Мы дополняем полученную статистику изучением скейлинговых свойств крыльев методами мультифрактального формализма.

Проявление характеристик Луны при регистрации модуля магнитного поля Земли

Гарбацевич В.А., Шибачев И.Г.

ИЗМИРАН

В работе рассмотрено влияние параметров орбиты Луны на магнитное поле Земли по данным магнитной обсерватории ИЗМИРАН. Анализ часовых показаний H, D, Z-компонент проведен за 2015-2017гг.

Для получения более убедительных результатов проанализирован Dst индекс геомагнитной активности за тот же период. Обычно непрерывные ряды часовых значений Dst индекса широко используются для характеристики геомагнитных вариаций в спокойные периоды геомагнитного поля, как наиболее чувствительного параметра. В спектре Dst индекса явно проявились как основной лунный период, так и периоды фазы Луны.

Несмотря на опасения увидеть очень слабые лунные вариации на широтах Москвы, они наблюдаются, хотя и маскируются другими сигналами. Можно отметить, что суточная гармоника в спектре модулирована периодом около 1 года.

Долгосрочные вариации компонентов солнечного ветра и их земных проявлений

Георгиева К.¹, Киров Б.¹, Асеновски С.¹, Обриджо В.Н.²

¹*Институт космических исследований и технологий Болгарской
академии наук*

²*ИЗМИРАН*

Все время Земля находится в солнечном ветре — расширяющейся короне Солнца. Солнечный ветер не однороден, он состоит из нескольких компонентов: медленный солнечный ветер вдоль гелиосферного токового слоя, высокоскоростной солнечный ветер из больших полярных корональных дыр в минимуме солнечной активности и из более мелких низкоширотных дыр в максимуме, корональные выбросы массы. Частота проявлений и характеристики всех этих компонентов меняются в течение 11-летнего солнечного цикла. Меняется и их вклад в геомагнитную активность. В настоящем докладе мы представим вариации относительного преобладания и характеристик компонентов солнечного ветра от цикла к циклу, и оценим основные причины долгосрочных изменений геомагнитной активности.

О сценариях зарождения групп пятен

Гетлинг А.В.¹, Бучнев А.А.²

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

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

Для понимания механизмов формирования активных областей (АО) и групп пятен важно детально исследовать ранние этапы их эволюции, когда картина течений и магнитных полей еще не стала слишком сложной. В этом плане перспективен параллельный анализ одновременно наблюдаемых полновекторных магнитного поля и поля скоростей. В работе используются данные SDO/HMI, причем горизонтальная компонента скорости определяется усовершенствованным методом локального корреляционного трассирования. Рассмотрено зарождение АО 12400 (10–12 августа 2015 г.), в сравнении с эволюцией ранее изученной АО 12548 (23–25 мая 2016 г.). Найдено, что структура магнитного поля резко отличается от той, что соответствовала бы выходу Ω -образной петли трубки сильного магнитного поля. А именно, в обеих АО поле одной полярности (хвостовой в АО 12400 и головной в АО 12548) зарождается как очень компактное образование по соседству с уже существующим распределенным полем другой полярности. Соответственно асимметричны временные изменения экстремальных значений положительной и отрицательной напряженности, а также потоков положительного и отрицательного поля через некоторый участок поверхности фотосферы: «старая полярность» изменяется более плавно и в меньших пределах, чем «новая». Этот эффект особенно отчетлив в случае АО 12548, где «новая» (головная) полярность начала расти с очень малых значений. В поле скоростей по большей части сохраняется ненарушенная супергрануляционная структура, но в АО 12400 наблюдается извилистая горизонтальная струя вдоль протяженной области головной полярности, тогда как всплытие трубки сильного поля сопровождалось бы растеканием вещества в стороны от растущей АО. Таким образом, зарождение обеих АО (как и зарождение 9–10 октября 2011 г. новой биполярной подобласти в АО 11313 [1]) едва ли связано со всплытием трубки сильного магнитного поля.

- [1] Getling A.V., R. Ishikawa, A.A. Buchnev, Development of active regions: flows, magnetic-field patterns and bordering effect. // Solar Physics, 2016, v. 291, no.2, pp. 371–382.

**Квазипериодические пульсации жесткого
рентгеновского излучения солнечных вспышек
по данным Konus-Wind, RHESSI**

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

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

² Физико-технический институт и.м. А.Ф.Иоффе РАН,
Санкт-Петербург

В работе представлены результаты исследования квазипериодических пульсаций жесткого рентгеновского излучения солнечных вспышек с учетом пространственной локализации источников излучения по данным космического аппарата RHESSI, а также без учета пространственной локализации по данным Konus-Wind. Изучение квазипериодических пульсаций жесткого рентгеновского излучения является дополнительным инструментом для диагностики физических параметров вспышечных областей и уточнения моделей происходящих в них процессов. До сих пор не проводилось их систематического исследования по данным жесткого рентгеновского излучения из различных пространственных областей солнечной вспышки. Для выявления квазипериодических пульсаций во временных профилях вспышек были применены стандартные методы спектрального анализа — процедура вейвлетного преобразования, алгоритм быстрого преобразования Фурье и алгоритм Скаржла (модифицированное преобразование Фурье). Оценка значимости пиков периодограмм проводилась по методу Монте-Карло с моделированием исходных временных рядов красным шумом. В данной работе рассмотрен ряд вспышек, в жестком рентгеновском излучении которых обнаружены квазипериодические пульсации. Так, для вспышки 13-05-2013 15:52:50.166 (класс X2.8) в энергетическом диапазоне 31.4–40.7 кэВ во всех исследованных областях вспышечной петли — двух основаниях и вершине — обнаружены пульсации с периодом ~ 20 с; в одном из оснований обнаружен также период ~ 32 с, в вершине — ~ 16 с. Анализ данных прибора Konus-Wind подтверждает присутствие в интегральном потоке жесткого рентгеновского излучения пульсаций с периодами 16, 20 и 32 с.

Суточное изменение структуры и физических характеристик групп пятен на видимом диске Солнца

Голубчина О.А.¹, Топчило Н.А.²

¹СПбФ САО РАН, С.-Петербург, Россия,
e-mail: golubchina_olga@mail.ru

²СПбГУ, С.-Петербург, Россия, e-mail: topchilona@yandex.ru

9-10.02.1980 года по данным наблюдений на радиотелескопе РАТАН-600 зарегистрировано необычное явление суточного уменьшения степени поляризации и напряжённости магнитного поля большинства локальных источников сантиметрового излучения, отождествлённых с группами пятен на фотосфере Солнца. Структуры этих групп пятен, расположенных в обоих полушариях Солнца, по данным наблюдений ГАС ГАО и Уссурийской станции также резко изменились за сутки. Приводится сравнительный анализ суточной эволюции характеристик радиоизлучения локальных источников и соответствующих им групп пятен.

Особенности изменений фотосферных магнитных полей активных областей во время вспышек

Гонасюк О.С.

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

Проведены исследования продольного магнитного поля в активных областях во время вспышек X- и M- класса. Наблюдения магнитного поля были получены Solar Dynamics Observatory с инструментом Helioseismic and Magnetic Imager (SDO/HMI) с временным и пространственным разрешением 45 с и $0''.5$ пиксел⁻¹, соответственно. Во время вспышек в магнитном поле активных областей возникли структуры противоположной полярности. Из данных наблюдений нами были получены следующие важные характеристики этих особенностей. Структуры располагались в тени пятен, существовали в течение нескольких минут и показали пространственное и временное соответствие ядрам вспышек. Изменения магнитного поля в транзиентных структурах сопровождались импульсным увеличением средней относительной интенсивности. Между изменениями потока мягкого рентгена, магнитного потока в аномалии, ее площади и изменениями средней относительной интенсивности в фотосферной линии наблюдалась хорошая корреляция.

Работа выполнена при частичной поддержке Российским фондом фундаментальных исследований, проект № 16-02-00221 А.

Корональные дыры по наблюдениям в линиях He и H-альфа

Гонасюк О.С., Барановский Э.А., Штерцер Н.И.

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

По данным наблюдений в линиях H α и HeI 10830 Å проведены исследования физического состояния вещества в основании корональной дыры на уровне хромосферы. Полярная корональная дыра наблюдалась в северном полушарии в 2015 – 2017 гг в течении 24 кэррингтоновских оборотов. Относительные интенсивности корональной дыры менялись в пределах 1.0046 – 1.0355 для линии HeI 10830 Å и 0.9676 – 0.9753 для линии H α . Рассчитаны модели хромосферы, объясняющие наблюдаемые особенности. Модели построены на основании расчетов профилей линий H α и HeI 10830 Å с помощью неЛТР программы. Различие атмосфер корональной дыры и спокойного Солнца начинается уже на уровне верхней фотосферы при $T > 4 \cdot 10^3$ К. На протяжении всей хромосферы температура и плотность в корональной дыре ниже, чем в невозмущенной хромосфере.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ и Совета Министров Республики Крым № 17-42-92017.

Solar activity and cosmic ray influence on climate

Chapanov Ya.¹, Gorshkov V.²

¹*National Institute of Geophysics, Geodesy and Geography, BAS Acad.
G. Bonchev Str. Bl.3, Sofia 1113, Bulgaria,
e-mail: yavor.chapanov@gmail.com*

²*Pulkovo Observatory of RAS*

The solar activity cycles affect various parameters of surface areas, including rains, snow covers, river streamflows and other hydrological cycles. These processes are due mainly to the total solar irradiance variations, followed by weather and climate changes. Recently a new mechanism of climate modulation, based on cosmic ray variations, has been discovered. This mechanism explains chain processes arising from cosmic ray modulation by the heliosphere and geomagnetic field, followed by ozone production in upper atmosphere and water content change. The atmospheric water is the most powerful greenhouse gas and its changes produce significant variations of the temperature. The interconnection between the solar cycles, cosmic ray and temperature and

precipitation variability over Eastern Europe is investigated by means of reconstructed Total Solar Irradiance TSI, cosmic ray, sunspots and Wolf's numbers for the period 1766-2000. The time series are analyzed by the Method of Partial Fourier Approximation. The oscillations of cosmic ray, solar and climate indices have some common cycles in a set of narrow frequency bands. The possibility to create decadal forecast models, based on solar activity cycles, is discussed.

Радиоизлучение II-IV типов во вспышках начала сентября 2017 года

Григорьева И.Ю.¹, Струминский А.Б.²

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

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

Мощные вспышечные события считаются наиболее вероятными кандидатами в источники солнечных протонов и электронов (солнечных космических лучей – СКЛ) в межпланетной среде. Радиоизлучение III типа, регистрируемое в таких событиях, является одним из указаний на выход частиц, ускоренных во вспышке, в межпланетное пространство [1]. Радиоизлучение II типа связывают с ударной волной выброса корональной массы (СМЕ), которая часто рассматривается как ускоритель частиц, так и место и средство выхода частиц в межпланетное пространство [2]. Спор о происхождении СКЛ в радиоастрономии, зачастую, сводится к вопросу о том, что лучше коррелирует с событиями СКЛ – радиоизлучение II или III типа (см. например, [3]). При этом забывают, о радиоизлучении IV типа, которое также хорошо коррелирует с событиями СКЛ и, по-видимому, указывает на третий механизм ускорения СКЛ [4].

В работе рассматривается солнечное радиоизлучение, зарегистрированное во вспышках M5.5 4-го, X2.2 и X9.3 6-го и X8.2 10 сентября 2017 года. Вспышка X2.2 6 сентября 2017 г., в которой не регистрировалось радиоизлучение II-IV типов, была источником чисто электронного события в межпланетной среде. В других вспышках радиоизлучение III, II и IV типов присутствовало (за исключением вспышки M5.5 4 сентября – не было III типа). Отметим, что выбор начального времени в солнечных вспышках приводит к систематизации временных профилей протонов и времени начала радиоизлучения III и IV типа. При этом не происходит аналогичной систематизации времен первого появления СМЕ и начала радиоизлучения II типа, также сильно различаются сами скорости СМЕ наблюдающиеся в событиях. Это является аргументом в пользу реализации во вспышках двух различных механизмов ускорения и выхода частиц в межпланетную

среду, связанных с радиоизлучением III и IV типов, и против ускорения СКЛ ударными волнами.

- [1] Cane, H.V., Erickson, W.S., Prestage, N.P. // J. of Geophys. Res. (Space Physics), 2002, v. 107(A10), id. 1315.
- [2] Cliver, E.W., Kahler, S.W., Reames, D.V. // Astrophys.J., 2004, v. 605, p. 902.
- [3] Cliver, E.W., Ling, A.G. // Astrophys.J., 2009, v. 690, p. 598.
- [4] White, S.M. // Asian J. Phys., 2007, v. 16, p. 189.

**Непрерывные шестидесятилетние ряды наблюдений
спектральной солнечной короны на малом коронграфе
ГАС ГАО РАН**

Гусева С.А.

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

В этом году Кисловодской Горной Астрономической Станции ГАО РАН исполняется 70 лет. История станции началась с внезатменного коронографа системы Лио, который был сделан в Германии на заводе Цейса в 1944 г. После Великой Отечественной войны из Иены коронограф был привезен в СССР. Осенью 1948 г., после разрешения президиума АН СССР провести опытные наблюдения солнечной короны (протокол от 26 февраля 1948 г. № 3, § 1), коронограф Цейса был установлен на плато Шат Жад Маз. В феврале 1950 г. получены первые снимки зеленой корональной линии. Без постоянных внезатменных наблюдений короны создание солнечной станции не было бы оправданным. С 16 июля 1952 г. на ГАС начались наблюдения двух корональных линий $\lambda=5303\text{\AA}$ (Fe XIV) и $\lambda=6374\text{\AA}$ (Fe X). М.Н. Гневышев разработал стабильную фотометрическую систему наблюдений и обработки корональных линий, которая используется с 1957 г. С конца 2004 г. введена цифровая фоторегистрация и компьютерная обработка спектральной короны. Созданы базы данных интенсивностей двух спектральных линий за 6 циклов солнечной активности (1957–2018 гг.). Горная Астрономическая Станция на данный момент единственная, которая имеет 60-летние непрерывные и однородные ряды спектральной солнечной короны.

**Изменения жесткостей обрезания космических лучей
во время геомагнитной бури в июне 2015 г. и их связь
с параметрами солнечного ветра и ММП**

Данилова О.А.¹, Тясто М.И.¹, Сдобнов В.Е.²

¹ Санкт-Петербургский Филиал ИЗМИРАН, e-mail: md1555@mail.ru

² Институт Солнечно-земной физики СО РАН.

Для периода сильной геомагнитной бури 21 – 25 июня 2015 были рассчитаны теоретические вертикальные эффективные геомагнитные пороги методом траекторных расчетов в магнитном поле возмущенной магнитосферы Цыганенко TS01 и проведено сравнение с экспериментальными жесткостями обрезания, полученными методом спектрографической глобальной съемки по данным мировой сети нейтронных мониторов. Эта буря характеризуется скоростью солнечного ветра более 740 км/с и $Dst = -204$ нТ. Проведен совместный анализ временных вариаций, полученных теоретических и экспериментальных геомагнитных порогов и связи их с параметрами солнечного ветра и ММП. Основной вклад в изменения геомагнитных порогов КЛ во время бурь вносят кольцевые токи, усиливающиеся во время главной фазы бурь, т.е. Dst -вариация. Однако, основные черты динамики магнитосферы, связанные с поджатием магнитопаузы солнечным ветром наряду с усилением или распадом основных токовых систем тоже отражаются в геомагнитных порогах КЛ. В данной работе исследован характер связи изменения жесткостей обрезания с параметрами солнечного ветра и ММП.

**Глобальная картина температурной изменчивости
в обоих полушариях в течение последних 20 тыс. лет
и тенденция похолодания в последние ~2000 лет**

Дергачев В.А.

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

Исследование ледниково-межледниковых периодов свидетельствует, что после достижения ледниковыми щитами критической максимальной массы оледенение сменяется межледниковьем, а когда масса ледникового щита становится минимальной, межледниковье должно смениться новым

оледенением. Поскольку последнее межледниковье продолжается уже более 10 тыс. лет, встаёт вопрос о времени окончания Голоцена и предстоящем начале нового оледенения. Получение детальной информации о закономерностях изменения климата связано с изучением ледниковых щитов Гренландии и Антарктиды, океанических отложений и непрерывных земных прокси данных. Долгосрочные непрерывные данные изменчивости Гренландского и Антарктического материкового льда дают ценную информацию о картине климатической изменчивости во временные интервалы перехода от ледниковых условий к межледниковым и наоборот.

В работе проведён сравнение и анализ данных аномалий температур Гренландии и Антарктиды, охватывающих два последних межледниковых интервала. В целом, реконструируемые температуры показывают меньшие изменения для современного межледникового интервала, чем для предшествующего на интервале Голоцена. Основное внимание уделено картине температурной изменчивости в период от последнего ледникового максимума до настоящего времени, покрывающий последние примерно 20 тысяч лет и последние 2000 лет (произведены реконструкции температурной эволюции). Существенно отметить, что температуры по Гренландии и Антарктиде показывают общую тенденцию похолодания на интервале от 0 до 1900 года. При этом, не прослеживается потепление континентального масштаба по Антарктиде в течение прошлого столетия. Полученные результаты важны для понимания прошлой и будущей изменчивости климата.

Солнечный модуляционный потенциал по данным о космогенных изотопах за последние 10 тыс. лет

Васильев С.С., Дергачев В.А.

*Физико-технический институт, Санкт-Петербург,
e-mail: sergey.vasiliev@mail.ioffe.ru*

Космогенные радиоизотопы, такие как ^{14}C , ^{10}Be и др., образуются в атмосфере Земли под действием галактических космических лучей. Скорость образования космогенных радиоизотопов зависит от величины магнитного поля Земли и солнечной активности. Для восстановления солнечной активности в прошлом можно использовать данные по величине дипольного момента Земли, а также данные по концентрации космогенных изотопов.

Радиоуглерод, фиксируемый кольцами деревьев, образует хронологическую последовательность (хронологию), которую можно использовать

для синхронизации рядов космогенных изотопов ^{10}Be и ^{14}C . Синхронизация позволяет уточнить возраст слоев, для которых измеряется концентрация ^{10}Be . В результате синхронизации получают уточненную хронологию для ^{10}Be (Muscheler et al., 2016)

Солнечный модуляционный потенциал (СМП) является мерой солнечной активности. Связь СМП, величины дипольного момента Земли и скорости образования ^{10}Be изучалась ранее в работе Kovaltsov et al. (2012). Для вычисления солнечного модуляционного потенциала за последние 10 тыс. лет мы воспользовались синхронизированной последовательностью для ^{10}Be (Muscheler et al. 2016), данными по дипольному моменту Земли (Constable et al. 2016) и результатами работы Kovaltsov et al. (2012). Были рассмотрены данные за последние 10 тыс. лет. Выполненный анализ полученного ряда по СМП показал наличие циклов длиной 210 и 700 лет. Присутствие Халльштатт (Hallstatt) цикла (2300-летнего цикла) в СМП не обнаружено. Результаты проведенных исследований противоречат предположению, по которому Халльштатт цикл имеет солнечное происхождение.

МГД-моделирование корональных выбросов массы

Дертеев С.Б., Михалеев Б.Б.

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

Сложность и многообразность явления импульсных выбросов солнечной плазмы, корональных выбросов массы (КВМ), определяет большое разнообразие подходов и методов их изучения. За несколько десятилетий наблюдений был накоплен значительный материал, дающий общее представление о характере протекания процесса выброса. С другой стороны, появление в последние десятилетия новых наблюдательных средств позволяет получить дополнительную информацию, полезную при теоретическом изучении явления [1]–[3]. Исследование динамики КВМ, актуальное для прогноза его распространения в межпланетном пространстве, обычно проводится в МГД-приближении. Постановка задачи о моделировании КВМ не является однозначной ни с физической, ни с математической точки зрения. Широко обсуждается присутствие токовых слоев и эффекта перезамыкания магнитных силовых линий в процессе распространения КВМ [4], [5]. При выборе математической модели приходится учитывать структуру и физические свойства среды, в которой происходит

распространение. Эти и подобные вопросы, также как и выбор численных методов решения уравнений МГД, являются предметом нашего изучения.

- [1] Chen P.F. // Living Reviews in Solar Physics, 2011, 8, 1.
- [2] Green L., Török T., Vršnak B. et al. // Space Science Reviews, 2018, 214, 46.
- [3] Nicewicz J., Michalek G. // Solar Physics, 2016, v. 291, p. 1417.
- [4] Lin J., Murphy A., Shen Ch. et al. // Space Science Reviews, 2015, v. 194, p. 237.
- [5] Соловьев А.А. // Радиофизика и радиоастрономия, 2008, т. 13, 3, с. 114.

**Анализ временной структуры стадий роста и спада
22–24 циклов солнечной активности в мягком
рентгеновском диапазоне длин волн**

Дмитриев П.Б.

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

На основе разработанного метода объединения многочисленных разрозненных во времени однотипных рядов измерений в единый средневзвешенный ряд по данным измерений солнечного потока мягкого рентгеновского излучения в диапазоне длин волн от 1 до 8 Å спутниками серии GOES [1, 2] синтезирован единый ряд почасовых данных рентгеновского излучения Солнца на протяжении последних трех одиннадцатилетних солнечных циклов (1986–2018 гг.). Путём усреднения данных этого ряда по четырём часовым интервалам из него были выделены «вспышечная» и «фоновая» составляющие солнечной активности с временным разрешением один день.

Затем обе эти составляющие при помощи метода построения комбинированной спектральной периодограммы были исследованы на предмет наличия квазипериодических осцилляций на различных стадиях 22, 23 и 24 циклов солнечной активности. Часть значений выявленных квазипериодов может быть объяснена как синодическим, так и сидерическим вращением Солнца, а остальные отражают средние времена «жизни» активных образований солнечной атмосферы (групп солнечных пятен, факельных площадок, взаимодействующих корональных петель).

Особое внимание было уделено изучению временного изменения параметров выявленных квазипериодических компонентов на протяжении стадий роста и спада солнечных циклов путем построения выборочной оценки нормированной спектральной плотности исследуемых данных в скользящем временном окне величиной до года.

[1] <http://spidr.ionosonde.net/spidr>

[2] <ftp://ftp.swpc.noaa.gov/pub/lists/xray/>

**О возможном существовании ~ 154 -х дневной
квазипериодичности в потоках солнечных протонов
и электронов на протяжении последних трех циклов
солнечной активности**

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 и в каждом из них в отдельности ~ 154 -х дневная периодичность была обнаружена в интегральном потоке солнечных протонов (> 30 МэВ), причем исследуемый временной ряд носил искусственный характер: каждое из 200 протонных событий представлялось на временной шкале единичным выбросом с нулевой шириной на тот день, когда событие начиналось. Эта периодичность проявляется и в других видах солнечной активности, по-видимому, являясь ее общим свойством [1].

Поэтому в данной работе на основе измерений потоков частиц спутниками серии GOES [2, 3] на протяжении 22, 23 и 24 циклов солнечной активности были синтезированы средневзвешенные суточные ряды данных интегрального потока электронов (> 2 МэВ) и интегрального потока протонов (> 5 МэВ), которые были исследованы на наличие квазипериодических компонентов в их временных структурах, в том числе и на наличие ~ 154 -х дневной периодичности.

Особое внимание было уделено изучению временных вариаций значений выявленных квазипериодов на протяжении всех трех солнечных циклов путем построения выборочной оценки нормированной спектральной

плотности исследуемых данных в скользящем временном окне величиной до трех лет.

- [1] Gabriel S., Evans R., and Feynman J. Periodicities in the occurrence rate of solar proton events // Solar Phys., 1990, V.128, PP.415-422.
- [2] <http://spidr.ionosonde.net/spidr>
- [3] <ftp://ftp.swpc.noaa.gov/pub/lists/xray/>

Характеристики поляризованных (arc-polarized) альвеновских волн в околоземном солнечном ветре

Ерофеев Д.В.

*Уссурийская астрофизическая обсерватория, Уссурийск,
e-mail: dve_08@mail.ru*

В работе рассматриваются альвеновские волны, регистрируемые в околоземном солнечном ветре. Основное внимание уделено поляризованным альвеновским волнам, в которых вектор магнитного поля изменяет направление, оставаясь лежащим приблизительно в одной плоскости (такие волны получили название arc-polarized, т.к. конец вектора ММП описывает регулярную дугу). Экспериментальным материалом для исследования послужили измерения ММП и параметров плазмы солнечного ветра (СВ) приборами КА WIND в 1995-2011 гг. Основные результаты состоят в следующем:

- (1). Доля времени, когда наблюдаются альвеновские волны, в частности поляризованные, наибольшая при высокой солнечной активности и наименьшая в эпохи минимумов солнечного цикла.
- (2). Доля времени, когда наблюдаются альвеновские волны, значительно выше в быстром СВ, чем в медленном СВ. Однако поляризованные альвеновские волны чаще регистрируются в медленном СВ.
- (3). Амплитуды поляризованных альвеновских волн (максимальные отклонения вектора магнитного поля от среднего направления) варьируются в широких пределах, но не превышают 90° , а их среднее значение составляет около 50° .
- (4). Плоскости поляризации альвеновских волн ориентированы не случайным образом, а преимущественно под углами около $\pm 45^\circ$ к меридиональной плоскости гелиосферы

(5). Обнаружена статистическая связь между средним направлением магнитного поля и ориентацией плоскости поляризации альвеновских волн.

Долгопериодические колебания факелов и пор

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

*Главная (Пулково) астрономическая обсерватория,
e-mail: slavae-sun@mail.ru*

В факельных площадках активных областей присутствуют три типа магнитных структур: 1. Короткоживущие мелкие факелы гранулярных масштабов (время жизни 5-10 минут, размеры ~ 0.5 -1 угловая секунда, напряженность магнитного поля близка к условиям равномерного распределения, 200-300 Гс). 2. Факельные узлы (knots) более стабильные и крупномасштабные образования, со временем жизни до 1 суток, размерами в несколько Мм и напряженностью магнитного поля от 300 до 1200 Гс. Факельные узлы имеют центральную депрессию и близки по своим свойствам к порам. 3. Поры – малые пятна без полутени, время жизни – несколько дней, поперечные размеры – до 8 Мм, напряженность магнитного поля от 1000 до 1500 Гс. Для факелов 1-го типа характерны колебания с периодами 5-10 минут, они хорошо описываются численными симуляциями в рамках представлений о магнитоконвекции. Периоды колебаний факельных узлов от 1 до 4 часов, очевидно, отражают осцилляции этих структур как целостных магнитных образований около положения их равновесия. В представленной работе впервые по данным SDO получены сведения о долгопериодических колебаниях солнечной поры. Дана интерпретация полученных результатов как собственных колебаний системы с переменной во времени жесткостью.

Составляющие магнитного потока от всех активных областей на диске Солнца: вариации в 24-м цикле

Жукова А.В., Абраменко В.И., Куценко А.С.

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

Данные инструмента Helioseismic and Magnetic Imager (HMI), установленного на борту орбитальной обсерватории Solar Dynamics Observatory (SDO), полученные в период с 2010 по 2017 гг., позволили исследовать вклад от активных областей (АО) разного типа в общий (беззнаковый) магнитный поток от всех АО. Были изучены 1494 АО в 24-м цикле. АО были распределены по следующим категориям: А – правильные биполярные области, для которых выполняются закон полярностей Хейла, закон угла наклона Джоя и имеющие лидирующее пятно, большее, чем основное последующее пятно; В – биполярные области с нарушениями вышеперечисленных закономерностей; U – одиночные пятна. Группа В была разбита на подмножества, в которые вошли АО с нарушениями по крайней мере одной конкретной закономерности. Специальное подмножество «анти-Хейл» составили биполярные АО группы В и одиночные пятна группы U с нарушением закона Хейла.

Анализ показал следующее: а) корреляция между общим потоком и числом солнечных пятен постепенно снижается при переходе от правильных АО группы А ($r=0.57$) к областям группы В ($r=0.53$), группе анти-Хейл ($r=0.31$) и одиночным пятнам ($r=0.18$); б) вклад суммарного годового потока от АО разных категорий в годовой поток от всех областей составил: 50-70% для группы А, 20-40% для группы В, 10-20% для одиночных пятен U; в) вблизи наступающего солнечного минимума доля потока от АО группы анти-Хейл возрастает с 5% до 9%, а их поток на момент наблюдений составляет в среднем 10^{21} Мх, что может быть принято в качестве нижней границы продуктивности флуктуационного динамо на масштабах АО. Наблюдаемое увеличение потока от АО группы анти-Хейл во время максимума цикла может быть объяснено совместным действием двух механизмов: глобального динамо среднего поля и мелкомасштабного флуктуационного динамо.

**Исследование солнечных источников
и геоэффективности КВМ типа «Стелс»**

**Загайнова Ю.С.¹, Файнштейн В.Г.², Громова Л.И.¹,
Громов С.В.¹**

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

² *Институт солнечно-земной физики, Иркутск*

Корнальные выбросы массы (КВМ) типа «Стелс» (стелс-КВМ) наблюдаются в поле зрения коронографов, но не сопровождаются такими проявлениями солнечной активности в нижней короне, как солнечный вспышки, эрупции волокон, джеты др. Их изучение стимулируется необходимостью решения фундаментальной проблемы физики Солнца – выяснения механизмов генерации КВМ различных типов, а также установления геоэффективности этих магнитно-плазменных структур и разработки методов прогноза так называемых «проблемных» геомагнитных бурь, т.е. бурь без четко выделенного солнечного источника. В работе на примере нескольких – стелс-КВМ показано, что такие выбросы массы могут сопровождаться активностью на малых масштабах в короне Солнца, включающей наблюдаемые в каналах крайнего ультрафиолета и рентгеновского излучения вспышки, эрупции мелкомасштабных магнитных жгутов. В некоторых случаях удается обнаружить возникновение фронтальной структуры КВМ типа «Стелс» на начальном этапе их формирования. Проведен поиск проявлений стелс-КВМ в межпланетном магнитном поле и солнечном ветре на орбите Земли и исследована их геоэффективность.

**Медленно меняющаяся компонента радиоизлучения
ультрахолодных звезд**

Зайцев В.В.¹, Степанов А.В.²

¹ *Федеральный исследовательский центр Институт прикладной
физики РАН (ИПФ РАН), г. Нижний Новгород,
e-mail: za130@appl.sci-nnov.ru*

² *Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН (ГАО
РАН), г. Санкт-Петербург, e-mail: stepanov@gao.spb.ru*

Показано, что источником генерации медленно меняющейся или «спокойной» компоненты радиоизлучения ультрахолодных звезд типа коричневого карлика TVLM 513-46546 может быть гиротронное излучение из системы магнитных петель, квазиравномерно распределенных по

поверхности звезды. Такая модель объясняет слабую модуляцию потока радиоизлучения при вращении звезды и позволяет понять механизм накачки магнитных петель энергичными электронами, связанный в данном случае с колебаниями электрического тока в магнитной петле как эквивалентном электрическом контуре. При этом генерация электрического тока обусловлена электродвижущей силой в основании петли, возникающей в результате взаимодействия фотосферной конвекции с магнитным полем петли. При колебаниях электрического тока возбуждается индукционное электрическое поле, ускоряющее электроны, а фотосферная конвекция поддерживает непрерывный автоколебательный процесс, обеспечивая постоянную накачку магнитной петли электронами с концентрацией 10 см и энергией 700 – 1500 кэВ. На основе данных о микроволновом излучении коричневого карлика TVLM 513-46546 определены параметры магнитных петель и степень заполнения источниками излучения поверхности звезды.

Работа выполнена при частичной поддержке программы президиума РАН № 28 «Космос: исследование фундаментальных процессов и их взаимосвязей», грантов РФФИ № 16-12-10448 (разделы 1,2), № 16-12-10528 (раздел 3), гранта РФФИ № 17-02-00091а (раздел 4) и госконтракта (тема № 0035-2014-0029).

Солнечная активность по данным наблюдений Пьера Гассенди в 1630-х гг.

Золотова Н.В., Возмьянин М.В.

*Санкт-Петербургский государственный университет,
Санкт-Петербург, e-mail: ned@geo.phys.spbu.ru;
m.vokhmyanin@spbu.ru*

Наблюдения за солнечными пятнами, выполненные Пьером Гассенди в период 1630-х гг. представляют интерес, так как предшествуют минимуму Маундера (1645–1715 гг.). Особенности поведения солнечной активности в преддверии ММ, если таковые будут выявлены, могут помочь внести ясность в причины вступления Солнца в продолжительный период пониженной активности. По зарисовкам Гассенди мы восстановили площади и широтно-временное распределение групп пятен. Наблюдения, по-видимому, охватывают минимум активности и ветвь роста нового цикла. Выполнен анализ размеров групп солнечных пятен и скорости дифференциального вращения.

Ещё одно правило Вальдмайера и форма 11-летнего цикла

Иванов В.Г.

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

Классическое правило Вальдмайера [1] говорит об антикорреляции между длиной фазы роста цикла и его амплитудой. При этом корреляция длины фазы спада цикла и полной его длины с амплитудой положительна и значительно слабее. Однако ещё сам Вальдмайер, описывая свою «эруптивную гипотезу», указывал, что, так как на фазе спада следует ожидать экспоненциального затухания активности, то некорректно считать моментом окончания цикла время минимума — это время старта нового цикла активности, но не окончания старого. Он предлагал для описания продолжительности цикла использовать не момент минимума, а момент, в который активность падает до некоторого заданного низкого уровня.

Переопределённая таким образом длина фазы спада значительно лучше коррелирует с амплитудой цикла, а переопределённая длина цикла практически не зависит от этой амплитуды.

Такие корреляции естественным образом объясняются, если учесть отмеченную в работах [2, 3] универсальную форму кривой активности на фазе затухания.

- [1] Waldmeier M. Neue Eigenschaften der Sonnenfleckenkurve // *Astronomische Mitteilungen der Eidgenössischen Sternwarte Zürich*, 1935, V. 14, P. 105–136.
- [2] Ivanov V.G. and Miletsky E.V. Spörer's Law and Relationship between the Latitude and Amplitude Parameters of Solar Activity // *Geomagnetism and Aeronomy*, 2014, V. 54, P. 907–914.
- [3] Ivanov V.G. Form of 11-year solar activity cycle and evolution of latitude distribution of sunspots // *Geomagnetism and Aeronomy*, 2018, v. 57, in print.

Можно ли научить нейронную сеть находить солнечные пятна и другие объекты солнечной активности и что нам это дает?

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

¹ МГУ, Москва, e-mail: egor.mypost@gmail.com

² ГАС ГАО РАН, Кисловодск, e-mail: tlatov@mail.ru

³ КалмГУ, Элиста

Разработка алгоритмических процедур выделения активных областей на изображениях солнечного диска обычно представляет собой попытку явным образом подобрать последовательность шагов, которая приводит к результату, близкому к ручной обработке. При этом мы стараемся оперировать лишь такими правилами обработки, которые можем сформулировать в достаточно компактной форме. Зачастую, однако, вариабельность физических данных оказывается гораздо шире, чем тот весьма ограниченный набор понятий, в которых мы пытаемся ее описать. Как следствие, алгоритмы работают неточно. Применение аппарата нейронных сетей призвано снять эти ограничения. Все больше примеров показывают, что нейронные сети способны справляться с задачей интерпретации изображений на уровне, сравнимом с ручной обработкой.

В нашей работе мы взяли архитектуру нейронной сети, хорошо зарекомендовавшей себя в различных задачах сегментации объектов на 2D и 3D снимках, и адаптировали ее для выделения корональных дыр (КД) на изображениях SDO/AIA в линии 193 Å. В качестве обучающей выборки использовался архив ежедневных карт активных областей Кисловодской горной астрономической станции. Сравнение с контурами КД из других баз данных, таких как SunInTime и SolarMonitor, показывает, что обученная нейронная сеть выдает более согласованные и устойчивые результаты сегментации. С помощью нейронной сети был обработан весь архив ежедневных изображений SDO/AIA 193 Å и построены индексы КД за 24 цикл активности. Мы обнаруживаем, что площадь КД минимальна в фазе максимума цикла и увеличивается почти в 3 раза на фазе спада.

Мы делаем вывод, что нейронные сети открывают широкие возможности по обработке солнечных данных, многие из которых едва ли доступны вне алгоритмов машинного обучения.

Эволюция крупномасштабного магнитного поля Солнца в 23 и 24-м циклах солнечной активности

Ихсанов Р.Н., Иванов В.Г.

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

Продолжены исследования широтно-временной эволюции крупномасштабного магнитного поля Солнца (КМПС) за 23–24 циклы. Исходным материалом послужили наблюдения фотосферного магнитного поля (м.п.) Солнца Стенфордской обсерватории.

Система замкнутых м.п. была разделена на ряд широтно-временных диаграмм с уменьшающимися масштабами. Рассмотрены их свойства, в том числе падение интенсивности КМП, происходящее как в высоких, так и в низких широтах.

Подсчёт величины общей площади, занятой группами пятен в данном цикле на фазе I, которая охватывает подъём и максимум цикла, как для всех групп пятен, так и отдельно для больших групп с площадью >500 м.д.п. показал, что величина площади больших групп в 23-м 24-м циклах падает относительно 21-го цикла в 2.3 и 4.6 раз соответственно. Таким образом, снижение интенсивности КМП прежде всего обязано уменьшению доли больших групп пятен.

К расчету спектра солнечного пятна

Калинин А.А., Калинина Н.Д.

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

В июле 2017 г. по диску Солнца проходило большое солнечное пятно с напряженностью магнитного поля в максимуме около 3000 Гс. В АО УрФУ были получены спектры пятна в области линии $H\delta$ водорода и линий H и K ионизованного кальция. В данном сообщении изложен начальный этап работы по теоретической интерпретации полученных спектров — построение модельного спектра пятна. Обсуждаются основные предположения, допускаемые при моделировании подобных спектров и некоторые программные комплексы, применимые для моделирования. С помощью программы COSSAM (версия от 18.01.2017) [1] рассчитаны спектр спокойного Солнца (центр диска) и пятна, расположенного вблизи центра солнечного диска с полем 3000 Гс. Показано, что спектры с полем и без существенно различаются. Рассмотрена возможность построения модели атмосферы

пятна согласованной с магнитогидростатической моделью мелкого пятна с перетяжкой [2].

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

- [1] Wade G.A., Bagnulo S., Kochukhov O., et al. // Astron. Astrophys., 2001, v. 374, p. 265.
- [2] Соловьев А.А. // Астрон. Ж., 1998, т. 75, с. 125.

Моделирование спектров солнечных протуберанцев

Калинин А.А.

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

Дается краткий обзор методов расчета спектров солнечных протуберанцев: основные физические предположения при моделировании спектра и численные методы. Дан обзор программ группы из обсерватории Медон (Франция). Приведен расчет диагностических диаграмм для интенсивностей в линиях HeII 30.4 нм и HII 656.3 нм.

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

Резонансы в сферических динамо и супервспышки

Калинин А.О.¹, Соколов Д.Д.^{1,2}

¹Московский Государственный университет, Москва, Россия

²ИЗМИРАН, Троицк, Москва, Россия

На звездах, похожих на Солнце, сообщается о наблюдении супервспышек, существенно более сильных, чем те, которые когда-либо наблюдались на Солнце. Приходится считать, что энергия магнитного поля на таких звездах существенно больше, чем на Солнце. В работе предлагается связать такую аномально большую магнитную энергию с резонансными явлениями в работе звездного динамо. Для выделения резонансных явлений используется маломодовая модель динамо в двух или в одной сферической оболочке. Показано, что в рамках такой модели резонансные эффекты могут приводить к увеличению магнитной энергии на полтора порядка по сравнению с нерезонансным случаем. Показано, что резонансные условия в динамо существенно отличаются от простейших условий резонанса в колебательных системах. По-видимому, это объясняется тем, что в задаче динамо возбуждение и распространение волн магнитного поля трудно отделить друг от друга, так что уравнения, описывающие резонанс, остаются нелинейными даже в случае их максимального упрощения.

- [1] Кацова, М.М., Китчатинов, Л.Л. Лившиц, М.А., Астрон. ж., 2018, 55, 78
- [2] Kitchatinov, L. L., & Olemskoy, S. V. 2016, MNRAS, 459, 4353
- [3] Moss, D., Sokoloff, D., 2013, 553, A37
- [4] Мосс, Д.Л., Соколов Д.Д., 2017, Астрон. ж., 94, 869
- [5] Соколов, Д.Д., Нефедов, С.Н., Ермаш, А.А., 2008, ПАЖ, 34, 842

Тепловое тормозное излучение локальных источников над солнечными пятнами по микроволновым наблюдениям

Кальтман Т.И.

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

В докладе представлены результаты исследования микроволнового теплового тормозного излучения локальных источников над солнечными пятнами. Особенное внимание уделено переходу от теплового тормозного

излучения к доминирующему гирорезонансному в коротковолновой части спектра 1.5 – 2.5 см. На дециметровых волнах с ростом оптической толщины тормозного излучения в корональных слоях его относительный вклад снова увеличивается.

На коротких волнах, где величины магнитного поля недостаточно для генерации гирорезонансного излучения, основным является тепловое тормозное излучение. В магнитном поле пятен оно поляризовано, и излучение обыкновенной моды идет из более низких и холодных слоев переходной зоны. Приведены расчетные карты яркостных температур, демонстрирующие повышение яркости в необыкновенной моде и понижение ее в обыкновенной моде. На основе расчетных сканов, сглаженных с диаграммой направленности антенны РАТАН-600, показано, что чувствительность и разрешающая способность инструмента достаточны для обнаружения этих эффектов. Приведены примеры наблюдений.

Изученные спектрально-поляризационные особенности позволяют более точно интерпретировать результаты наблюдений и улучшить точность измерения магнитного поля и диагностики температуры переходной зоны.

Особенности радиоизлучения турбулентной плазмы (плазменный механизм) при инжекции во вспышечную петлю пучка электронов

Кальтман Т.И.

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

В докладе представлены результаты расчетов интенсивности радиоизлучения в дециметровом диапазоне на различных расстояниях вдоль вспышечной петли при инжекции ускоренных электронов в вершине петли, концентрация плазмы в которой увеличивается с удалением от вершины. Радиоизлучение турбулентной плазмы рассмотрено в рамках плазменного механизма, т.е. рассматривается радиоизлучение, образующееся при слиянии двух ленгмюровских плазмонов. Турбулентность в плазме образуется, в свою очередь, при инжекции в неё ускоренных электронов.

При расчете мощности радиоизлучения в различных частях вспышечной петли учтена трансформация функции распределения электронов в

результате взаимодействия с волнами при их распространении во вспышечной плазме. Расчеты приведены для характерных для вспышек параметров плазмы и быстрых электронов, влияющих на образование турбулентного слоя. Так как вопрос о начальной функции распределения быстрых электронов в настоящее время остаётся не решённым, то при вычислениях используется распределение Гаусса по скоростям со средней скоростью v_0 , которая во много раз превышает тепловую скорость электронов плазмы. Показано, что при концентрации 10^{10} эл/см⁻³ и температуре плазмы 10^6 К, в вершине петли формируется узкий слой (10^4 – 10^5 см), в котором происходит сильная генерация радиоизлучения, соответствующая образованию турбулентности при начальной релаксации функции распределения электронов. После этого радиоизлучение начинает спадать. Однако, кулоновские столкновения быстрых электронов с частицами плазмы приводят к появлению положительной производной у функции распределения электронов, что приводит к продолжению генерации плазменных волн, а следовательно и радиоизлучения. Толщина слоя с таким излучением будет определяться характером изменения концентрации вспышечной плазмы.

О супервспышках на гигантах

Кацова М.М.¹, Кичатинов Л.Л.^{2,3}, Мосс Д.⁴, Олах К.⁵,
Соколов Д.Д.^{6,7}

¹ Государственный астрономический ин-т им. П.К. Штернберга
МГУ им. М.В. Ломоносова, e-mail: maria@sai.msu.ru

² Институт солнечно-земной физики, Иркутск

³ Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,
Санкт-Петербург

⁴ Университет Манчестера, Манчестер, Великобритания

⁵ Обсерватория Конколи, Исследовательский центр по астрономии
и наукам о Земле, Будапешт, Венгрия

⁶ МГУ им. М.В. Ломоносова

⁷ ИЗМИРАН им. Н.В. Пушкова

Космическим телескопом Kepler зарегистрированы очень мощные вспышки на некоторых звёздах спектральных классов F, G, K и M. Эти явления значительно сильнее солнечных вспышек. Даже небольшая вероятность появления таких событий на Солнце представляет опасность для современного высокотехнологичного общества. Сопоставимая по энергетике вспышка наблюдалась в двойной системе типа RS CVn — HK Lac

24-25 сентября 1989 г. В отличие от звёзд, наблюдавшихся миссией Kepler, для этой звезды получены параметры закона вращения. Дифференциальное вращение K0-гиганта HK Lac оказывается анτισолнечным. Для такого вращения вместо волн магнитной активности с дипольной симметрией модели динамо дают квазистационарные магнитные конфигурации с квадрупольной симметрией. Магнитная энергия таких конфигураций обычно примерно на два порядка выше магнитной энергии, связанной с волнами активности. По-видимому, этот же механизм может обеспечить энергию супервспышек на звёздах поздних спектральных классов.

Цвет континуума как индикатор расширения короны

Ким И.С., Крусанова Н.Л., Попов В.В.

ГАИШ МГУ

До настоящего времени исследования цвета коронального континуума возможны только по материалам наземных полных солнечных затмений (ПСЗ) или космических данных. 2D распределения относительного показателя цвета короны, построенные по фильтровым наблюдениям ПСЗ 2006 и 2008 гг., иллюстрируют эффект «покраснения» по всей короне: смещение непрерывного спектра короны в красную сторону по сравнению со спектром фотосферы. Полученные распределения объясняются истечением потоков электронов и являются первыми наблюдательными подтверждениями эффекта, теоретически предсказанного в 2000 г. (N. Reginald and J. Davila).

Квазипериодические колебания потока космических лучей как индикатор и предвестник аварийных ситуаций в угольных шахтах

Кириллов А.К.¹, Василенко Т.А.²

¹ *Институт физики горных процессов НАН Украины*

² *Санкт-Петербургский горный университет*

При регистрации импульсов электромагнитного излучения с помощью комплекса геофизической аппаратуры ANGEL-M при прохождении выработки угольного пласта Болдыревский (Кузнецкий угольный бассейн) 26 апреля 2018 г. было зафиксировано изменение амплитуды сигнала приемником, что свидетельствовало об изменении свойств пород и существовании в этой области зоны ослабленной трещиноватой породы. Данное предположение подтверждается дальнейшими событиями: 5 мая произошло обрушение без каких-либо видимых дополнительных воздействий на угольный пласт, приведшее к завалу выработки.

Представлены результаты анализа спектров мощности временных рядов интенсивности потока космических лучей по данным нейтронного монитора (Oulu) за период времени 2-7 мая с разрешением по времени 1 мин. За рассматриваемый период происходили изменения в распределении статистически значимых компонент квазипериодических колебаний. В дни, предшествующие событию в шахте преобладали компоненты с периодами $P < 8$ мин. Накануне события (4 мая) появились колебания с удвоенными периодами $P \approx 18$ и 14 мин. На следующий день после события (6 мая) произошли изменения в флуктуациях потока космических лучей. В результате в сглаженном спектре мощности не обнаружено значимых компонент квазипериодических колебаний. В последующем колебания восстановились, но наиболее высокие пики в спектре мощности соответствовали квазипериодам $P \approx 41$ и 31 мин при сохранении колебаний с $P = 3.5$ мин.

Из данных о состоянии космической погоды за рассматриваемый период времени следует, что флуктуации временных рядов интенсивности галактических космических лучей отражают их модуляцию процессами в межпланетном пространстве, которые наблюдались при прохождении корональной дыры через центр видимого диска Солнца: ускорением потока солнечного ветра и сменой полярности межпланетного магнитного поля, происходящими в день обрушения породы в шахте, энергетический порог отклика которого на внешнее воздействие значительно ниже, чем при внезапных выбросах угля и газа, приводящих к авариям в угольных шахтах.

Связь между параметрами солнечной активности и Эль Ниньо

Киров Б., Асеновски С., Георгиева К.

ИКИТ-БАН, Болгария, София, e-mail: bkirov@space.bas.bg

Долгопериодические флюктуации климата часто связаны с крупномасштабными изменениями в атмосферной циркуляции, влияющие на разные и видимо несвязанные части Земли. Пример такого явления – Эль Ниньо/Южная осциляция (El Nino/Southern Oscillation - ENSO).

Эль Ниньо/Южная осциляция является возмущением океанско-атмосферной системы в тропическом Тихом океане с важными последствиями для погоды и климата во всем мире. Во время событий Эль Ниньо (положительная фаза ENSO) температура морской воды в экваториальном Тихом океане становится еще теплее, пассаты в центральной и западной части Тихого океана ослаблены, интенсивные осадки передвигаются к востоку, приводя к затоплениям в Перу и к засухам в Индонезии и Австралии. Передвижение к востоку атмосферного источника тепла над самой теплой воды приводит к большим изменениям в глобальной атмосферной циркуляции, что в свою очередь вызывает изменения погоды в регионах, весьма удаленных от тропического Тихого океана.

Но фундаментальные механизмы, обуславливающие изменчивость ENSO, особенно на временных масштабах порядка десятилетий и больше, пока неизвестны. В настоящей работе мы сравниваем вековые вариации ENSO с вековыми вариациями солнечной активности и находим тесную связь между ними. Мы предполагаем, что влияние солнечной активности на это крупномасштабное явление опосредствовано атмосферными центрами действия, которые подвержены изменениям интенсивности и расположения под влиянием долгосрочным вариациям солнечной активности.

Сравнение спектральных и фрактальных характеристик индексов солнечной и геомагнитной активности

Киселев Б.В.

ИЗМИРАН, Санкт-Петербург, e-mail: kiselev_bv@mail.ru

Анализируются суточные и месячные значения индексов солнечной и геомагнитной активности: числа солнечных пятен, площади пятен, аа-индекса геомагнитной активности. Метод максимальной энтропии рассчитаны спектры анализируемых данных. Проведена полосовая фильтрация

в диапазоне периодов одиннадцатилетнего цикла и диапазонах меньше и больше одиннадцатилетнего цикла.

Для реконструированных сигналов вычислены различные фрактальные характеристики — корреляционная размерность, корреляционная энтропия, показатель Хигучи, показатель Харста. Построены R/S-графики, фазовые портреты. Оценивается синхронность сигналов.

Солнечная цикличность в климатических индексах

Киселев Б.В.

ИЗМИРАН , Санкт-Петербург

Проведено сопоставление спектров климатических индексов и индексов солнечной активности. Методом максимальной энтропии рассчитаны спектры индексов приземной температуры (глобальных индексов, индексов по полушариям, индексов отдельно для поверхности суши и океана, индексов в различных широтных поясах). Для солнца рассчитаны спектры: числа солнечных пятен, площади пятен, радио излучения. Наиболее устойчивые периоды в спектрах — 3,5 и 5 лет во всех индексах. Одиннадцатилетний период в некоторых индексах не наблюдается. Проведена полосовая фильтрация в диапазоне наблюдаемых периодов. Для реконструированных сигналов проведена оценка синхронности развития сигналов во времени.

Модель динамо изменчивости солнечных циклов

Кичатинов Л.Л.

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

Модели динамо достигли близкого соответствия наблюдениям. Это во многом определилось тем, что параметры альфа-эффекта – одного из двух основных эффектов $\alpha\Omega$ -механизма солнечного динамо – удалось оценить по данным наблюдений. Данные о вращении звезд налагают жесткие ограничения на величину параметра α для Солнца. Данные о наклонах групп солнечных пятен позволяют оценить амплитуду флуктуаций этого параметра, а сравнение распределений наблюдаемых и расчетных периодов циклов определяет характерную длительность флуктуаций. Изменчивость амплитуд и длительностей солнечных циклов по всей вероятности связана с флуктуациями α -эффекта, которые не поддаются прогнозированию. Это ограничивает дальность прогноза уровня солнечной активности приблизительно половиной 11-летнего цикла. Сама возможность прогноза связана с исключительной регулярностью дифференциального вращения (Ω -эффекта). Модель динамо с флуктуациями α -эффекта согласуется с данными о грандиозных минимумах/максимумах солнечной активности. К достижениям модели можно отнести предсказание корреляции между асимметрией формы циклов и временем запаздывания обращений знака полярного поля относительно максимумов активности, подтверждающейся данными о последних 12 (из закончившихся к настоящему времени) солнечных циклах.

Годовые кольца бука (*fagus sylvatica*) и солнечно-обусловленные колебания климата центрального и западного Балкана в XVIII-XXI вв

Комитов Б.¹, Кафтан В.^{2,3}

¹ *Институт астрономии с НАО, БАН, София, Болгария,
e-mail: komitovboris97@gmail.com*

² *Геофизический центр РАН, Москва, Россия*

³ *Российский университет дружбы народов, Москва, Россия*

Целью настоящей работы является анализ временных рядов ширины годовых колец бука (*Fagus Sylvatica*) в районах Западных и Центральных

Балкан (Стара Планина, Болгария) для выявления солнечно обусловленных климатических циклов. Чтобы исследовать влияния солнечной активности на рост бука во время глубокого солнечного минимума Далтона (1793/98-1833 гг.), акцент сделан на самые старые образцы возрастом > 200 лет. При помощи двух разных методов (T-R периодограмм-анализа и вейвлет анализа ([1]; [2]) были выявлены статистически значимые колебания с периодами 20-22, ~ 40 , 60-70 и 210-220 лет, а для двух образцов также цикл продолжительностью 110 лет. Статистически достоверные связи с количеством осадков и температурами, измеренными на ближайших метеостанциях с 1899 по 2012 гг. установлены для всех 4 образцов Центрального и для одного Западного Балкана. Для двух образцов с Западного Балкана интерпретацию связей с климатическими параметрами труднее осуществить из-за сильного фазового сдвига ($> 9-10$ лет).

[1] Komitov B.// Bulg.Geophys.J., 1997, v. 23,p 74

[2] Torrence C., Compo G.P// Bul. Am. Meteor. Soc. v. 79,p. 61

Анализ циклических колебаний содержания изотопа ^{14}C в годовых кольцах деревьев в связи с проблемой солнечно-земных взаимодействий и существования массивных транснептуновых объектов Солнечной системы

Комитов Б.¹, Кафтан В.^{2,3}

¹ *Институт астрономии с НАО, БАН, София, Болгария,
e-mail: komitovboris97@gmail.com*

² *Геофизический центр РАН, Москва, Россия*

³ *Российский университет дружбы народов, Москва, Россия*

В настоящей работе представлены результаты анализа временного ряда вариаций содержания радиоуглерода (^{14}C) в годовых кольцах деревьев на основе данных, опубликованных в работе [3] (версия INTCAL13). Общая длина временного ряда 13900 лет. Исследование выполнено методом T-R-периодограмм-анализа [2]

После устранения генерального квазилинейного тренда при помощи T-R периодограммного алгоритма в спектре остаточных колебаний были установлены статистически значимые циклы разной продолжительности. Среди них казипериодический тренд длиной ≈ 13700 , а также циклы с

периодами 6400, 4300, 3100, 4200, 2400, 1700, 1000-1100, 800, 510, 360, 200-220 и 145 лет. Мощнейшими циклами в современную геоогическую эпоху (Голоцен) являются 2400-летний (Hallstadtzeit), а также и 6400-летний циклы. Показана амплитудная модуляция квазидвухсотлетних колебаний 2400-летними. Амплитуда квазидвухсотлетнего цикла максимальна около минимумов 2400-летнего цикла (т.е. маундеро-подобных минимумов солнечной активности). На основе гипотезы о резонансно – приливной связи между солнечными циклами и движением планет Солнечной системы кратко обсуждается вопрос о возможном происхождении долгопериодных циклов в радиоуглеродном ряде древних колец. Выдвинуто предположение, что некоторые из них возможно являются косвенным индикатором существования в самых внешних областях Солнечной системы массивных тел массой порядка массы планет-гигантов. В этом аспекте обсуждается вопрос о существовании массивного тела («объект Брауна-Батыгина»), период обращения вокруг Солнца которого оценивается значением ≈ 13000 лет [1].

- [1] Brown M., Batygin K.//ArXiv.org/1603.05712.pdf,2016,
- [2] Komitov B.// Bulg.Geophys.J., 1997, v. 23,p 74
- [3] Reimer P.J., Bard E., Bayliss A., Beck J.W., Blackwell P.G., Bronk-Ramsey C., Buck C.E., Cheng H., Edwards R.L., Friedrich M., Grootes P.M., Guilderson T.P., Haffidason H., Hajdas I., Hatte C., Heaton T.J., Hogg A.G., Hughen K.A., Kaiser K.F., Kromer B., Manning S.W., Niu M., Reimer R.W., Richards D.A., Scott E.M., Southon J.R., Turney C.S.M.,van der Plicht, Radiocarbon, 2013, v. 55 (4),DOI: 10.2458/azu_js_rc.55.16947

Строение протуберанцев нормальной и обратной полярности

Королькова О.А., Соловьев А.А.

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

Одной из наблюдательных особенностей солнечных волокон является разделение их на протуберанцы прямой и обратной полярности, основанное на измерении магнитного поля. В первом случае для наблюдателя, глядящего сверху и измеряющего поле по лучу зрения, полярность поля, выходящего из фотосферы, совпадает с полярностью поля, входящего в

волокно. Во втором – магнитное поле, выходящее из фотосферы, имеет полярность противоположную полярности поля, входящего в волокно.

В данной работе продолжается развитие идей, представленных в [1]. Разработанный метод расчета термодинамических параметров (давления, плотности, температуры) по заданной структуре магнитного поля, используется для построения модели плотного и холодного волокна, обладающего винтовой структурой магнитных силовых линий. Вся магнитная конфигурация погружена в реалистичную модель солнечной атмосферы Авретта, Лоезера [2]. Представленные аналитические модели позволяют описывать протуберанцы как прямой, так и обратной полярности.

[1] Solov'ev A.A. // Astronomy. Reports., 2010, v. 54, p. 86-95.

[2] Avrett E.H., Loeser R. // Astrophys. J. Suppl. Ser., 2008, v. 175, p. 229-276.

Эффект Y-p2p в данных SDO и антикорреляция колебаний магнитного поля и площади тени пятна

Королькова О.А., Ефремов В.И.

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

Рассматривается особый класс артефактов, появляющихся в полезном сигнале, связанный с перемещением экстремального отсчета распределенного поля физической величины с пикселя на пиксель (p2p-эффект).

Показано, что необходимое условие шаговой дискретизации $\Delta t < T(p2p)$, при выполнении которого формируется p2p-артефакт, не является достаточным. При длительных временах перехода p2p, даже если условие дискретизации выполнено, существенным становится отношение градиента поля распределенного объекта к уровню шума регистрирующего приемника. При малых градиентах поля (в частности, при хорошем пространственном разрешении) паразитный сигнал во временном ряду исследуемой переменной либо ослаблен, либо не формируется вовсе. Данное предположение качественно проверено путем сравнительного анализа данных по солнечным пятнам, полученных с помощью SOHO/mdi и SDO/hmi.

На базе данных SDO/hmi подробно рассмотрен Y-p2p эффект, связанный со смещением пятна в поперечном направлении (вдоль меридиана) и имеющий влияние на процесс выделения долгопериодических колебаний солнечных пятен, поскольку периоды колебаний магнитного поля в пятне

оказываются сравнимы с паразитными периодами $T(Y-p2p)$, составляющими десятки часов. В работе представлена конкретная процедура разделения полезного и паразитного сигнала для двух пятен NOAA 11333 и NOAA 11366, получены периоды их собственных колебаний (22 часа и 30 часов соответственно). Получено, что между изменениями площади тени пятна и вариациями напряженности магнитного поля в нем существует обратная зависимость: при уменьшении площади тени пятна его магнитное поле растет, а при увеличении — падает. Данное свойство долгопериодических колебаний пятен как целостных магнитных структур свидетельствует о сохранении магнитного потока в тени колеблющихся пятен и играет чрезвычайно важную роль для понимания физической природы этих колебаний.

Особенности структуры квазидвухлетних вариаций площади солнечных пятен в цикле солнечной активности

Костюченко И.Г.¹, Бруевич Е.А.²

¹НИФХИ им. Л.Я. Карпова, Москва, e-mail: irkost46@gmail.com

²МГУ им. М.В. Ломоносова, ГАИШ, Москва,
e-mail: red-field@yandex.ru

Временная структура квазидвухлетних вариаций (КДО) площади солнечных пятен исследована с помощью вейвлет-преобразования соответствующих временных рядов, полученных обсерваторией Гринвич – научным центром Маршалла. В качестве базовой использовалась функция Добеши (Daubechies) 10, которая позволяет наиболее детально выявить вариации на временном масштабе КДО. Проанализированы данные за 19-23 циклы солнечной активности. Анализ проводился отдельно для каждого из широтных полушарий.

Оказалось, что в каждом цикле солнечной активности на масштабе периодов меньше 2-3х лет вариации представляют собой сравнительно изолированные последовательности с регулярно уменьшающимся периодом, причем таких последовательностей наблюдается, как правило, одновременно несколько, с разным исходным периодом. Обнаруженная структура КДО не противоречит многочисленным результатам Фурье-анализа различных рядов солнечных индексов, в которых отмечается нестационарность периода КДО.

Оценивается устойчивость периода обсуждаемых вариаций и их положения на временной шкале относительно изменения длины исследуемого ряда и его начальной даты. Исследуется зависимость значения периода

КДО от средней широты, на которой в текущий интервал времени появляются пятна в каждом из рассмотренных циклов солнечной активности, а также зависимость структуры КДО от мощности цикла.

Вращение звезды Солнца

Котов В.А.

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

КраО и шесть других обсерваторий мира измеряли среднее магнитное поле Солнца в течение полвека (1968–2017 гг., 27 тыс. суточных значений продольной напряжённости). По колебаниям поля определён синодический период вращения гравитирующей солнечной массы: $P_S = 27.027(7)$ сут, что на 0.4% превышает период экватора 26.928(9) сут.

Временная шкала $P_S/2$ находится в тесном резонансе 1:27 с орбитальным периодом Земли, причём

$$P_S^2/(2P_E) = 365.2(2) \text{ сут,}$$

где P_E – среднесолнечные сутки. Это говорит об особой роли солнечного вращения для Земли и секретной связи между её орбитальным и осевым движениями: за год Солнце совершает 27 синодических полуоборотов, тогда как планета – столько же своих оборотов за полный солнечный оборот. Природа резонанса Солнце–Земля неизвестна.

К вопросу о северо-южной асимметрии солнечной активности

Крамынин А.П., Михалина Ф.А.

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

Исследуются внутри циклические изменения индекса северо-южной асимметрии (разность числа, наблюдаемых солнечных пятен в северном и южном полушариях N_n - N_s) от цикла к циклу за период 1874-2012 гг. Использовался метод разложения по естественным ортогональным функциям матрицы, составленной из годовых долготных распределений индекса асимметрии за 11-летний цикл. Анализ двумерной диаграммы первая временная функция (в терминах, используемого метода) номер цикла выявляет структуры, сохраняющиеся несколько 11-летних циклов и чередующиеся друг с другом квазипериодом около восьми 11-летних циклов. Видно, что структуры, образованные на ветви спада цикла, в другом цикле смещаются ближе к максимуму цикла. Основной вклад в индекс северо-южной асимметрии солнечной активности, рассчитанного для всего 11-летнего цикла, вносят годы близкие к максимуму цикла. Возникновение северо-южной асимметрии числа солнечных пятен основном связана со сдвигом циклических кривых северного и южного полушарий относительно друг друга, но наблюдаются периоды, когда она определяется другими факторами, например, формой циклической кривой.

Радиоуглеродные данные об изменении климата и вариациях солнечной активности в эпоху Майендорвского-Аллерёдского потеплений ($\approx$ 13000-11000 гг. до н.э.)

Дергачев В.А.¹, Кудрявцев И.В.^{1,2}

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

² *ГАО РАН, Санкт-Петербург*

В докладе рассматривается временной интервал с конца 13 тысячелетия до нашей эры (н.э.) до середины 11 тысячелетия до н. э. На этот временной интервал, как известно, приходилось несколько периодов изменения климата Земли. Так, с 12500 года до н. э. до 11850 год до н.э. происходило Майендорвское потепление, которое сменилось периодом более холодного климата, Древнейшим Дриасом ($\approx$ 11850-11720 гг. до н.э.).

Последний период сменился Бёллингским потеплением (до ≈ 11600 г. до н.э.). На смену этому тёплому периоду снова пришёл более холодный и сухой период (Древний Дриас), продолжавшийся около 200 лет. Далее наступило Аллерёдское потепление, длившееся ≈ 700 лет. В докладе приводятся результаты реконструкции гелиосферного модуляционного потенциала (ГМП). Вариации ГМП отражают изменение солнечной активности (СА). При росте СА значение ГМП увеличивается, а при уменьшении — уменьшается. Показано, что абсолютный максимум ГМП (а, следовательно, и максимума СА) на данном временном интервале достигается в ≈ 12380 году до н.э., что соответствует эпохе Майендорвского потепления (≈ 12500 - 11850 гг. до н.э.). На временной интервал 11850 - 11720 гг. до н.э. (Древнейший Дриас) приходится минимум ГМП (а, следовательно, минимуму СА). После этого наступило Бёллингское потепление и, соответственно, рост ГМП. Последующий период более холодного климата (Древний Дриас) закончился в середине 12-го тысячелетия до н.э., этот период также находит своё отражение в изменении ГМП. Таким образом, результаты проведенной работы показывают, что в истории Земли могли быть периоды, когда изменения климата могут быть связаны с изменением СА. Однако, для подтверждения данного вывода необходимо требуются дополнительные исследования. Работа была частично поддержана грантом РФФИ 16-02-00090 и 18-02-00583.

**Реконструкция гелиосферного модуляционного
потенциала на основе радиоуглеродных данных в эпоху
окончания последнего ледникового периода, раннего
и среднего Голоцена**

Кудрявцев И.В., Дергачев В.А.

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

Данные по содержанию космогенного изотопа C-14 в атмосфере Земли в прошлые столетия и тысячелетия часто используются для изучения вариаций солнечной активности на различных временных интервалах до инструментальной эпохи. Особый интерес представляет временной интервал с 17-18 тысяч лет до нашей эры (н.э.) и до начала Голоцена (≈ 10 тысяч лет до н.э.). Этот временной интервал характеризуется окончанием последнего глобального оледенения и переходом к достаточно теплему периоду, который длится до наших дней и называется Голоценом. В этот промежуток времени происходило увеличение глобальной температуры и увеличение концентрации углекислого газа в атмосфере Земли. Такие климатические

изменения находят свое отражение в радиоуглеродных данных, что необходимо учитывать. Однако, вариации скорости генерации изотопа C-14 в земной атмосфере отражают не только изменение солнечной активности (и, следовательно, межпланетного магнитного поля), но и изменение магнитного поля Земли. Поэтому необходимо перейти к рассмотрению гелиосферного модуляционного потенциала, который уже непосредственно отражает изменение солнечной активности. В докладе приводятся результаты реконструкции гелиосферного модуляционного потенциала с 17000 лет до н.э. до 5000 лет до н.э. Среди присутствующих экстремумов следует отметить максимум, приходящийся на ≈ 12380 год до н.э. Такое повышение модуляционного потенциала может отражать повышенный уровень солнечной активности, длившийся около 1 тысячи лет. Также следует отметить, что приблизительно в это же время на Земле наблюдалось достаточное длительное потепление которое сменилось похолоданием в ≈ 11500 году до н.э. с последующим потеплением и переходом к Голоцену. Возникает вопрос: связано ли данное потепление с повышенным уровнем активности Солнца, о чем свидетельствуют радиоуглеродные данные, или это потепление вызвано другими причинами?

Эволюция функции распределения быстрых электронов при их распространении во вспышечной плазме с учетом развития пучковой неустойчивости

Кудрявцев И.В.^{1,2}, Кальтман Т.И.³

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

² ГАО РАН, Санкт-Петербург,

³ СПбФ САО РАН, Санкт-Петербург

Как известно, во время солнечных вспышек происходит ускорение электронов до десятков и сотен кэВ. Эти электроны, распространяясь в солнечной плазме, генерируют электромагнитное излучение в широком диапазоне длин волн — от радиоизлучения до рентгеновского и гамма-излучения. Регистрация этих излучений и определение их параметров используется для изучения механизмов ускорения электронов во время солнечных вспышек. Однако место генерации излучения и место ускорения электронов часто не совпадают. Встает вопрос об изменении функции распределения электронов во время их распространения в солнечной плазме. К настоящему времени существует много работ, посвященных изучению эволюции функции распределения быстрых электронов и расчету

параметров генерируемого излучения (в частности, радио и рентгеновского излучения) с целью реконструкции параметров ускоренных во время вспышек электронов. В этих работах основное внимание уделяется учету кулоновских столкновений и изменению магнитного поля во вспышечной петле. Однако остается не до конца изученной роль взаимодействия быстрых электронов с генерируемыми в плазме волнами и влияние этих волн на динамику распространения быстрых электронов. В докладе рассматриваются особенности эволюции функции распределения быстрых электронов и ленгмюровских волн во вспышечной плазме для различных начальных параметров быстрых электронов и параметров плазмы, с учетом генерации плазменных волн электронами и их взаимодействия с быстрыми электронами. Работа Кальтман Т.И. поддержана программой ПРАН 28 и РФФИ 18-02-00045. Работа Кудрявцева И.В. частично поддержана программой ПРАН 28.

**Жёсткое рентгеновское излучение ускоренных
во вспышках электронов при развитии пучковой
неустойчивости**

Кудрявцев И.В.

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

В докладе рассматривается генерация жесткого рентгеновского излучения (ЖРИ) быстрыми электронами, ускоренными во время солнечных вспышек. В рассмотрении учтена трансформация функции распределения быстрых электронов при взаимодействии с плазменными волнами, генерированными быстрыми электронами. Как известно, это взаимодействие приводит к образованию платообразной функции распределения электронов по скоростям с резким спадом при некоторой скорости v_o . При вычислениях спектров и степени линейной поляризации ЖРИ используется релятивистское сечение тормозного излучения. Показано, что особенности функции распределения электронов находят своё отражение в спектре и поляризации ЖРИ, что может быть обнаружено при наблюдениях. В частности, может наблюдаться увеличение степени поляризации ЖРИ до 50-60 % при увеличении энергии излучения до энергии E_0 , соответствующей скорости электронов v_o . При дальнейшем увеличении энергии квантов, степень поляризации будет уменьшаться.

Роль электрических токов в процессах вспышечного энерговыделения в активной области

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

¹ Пулковская обсерватория, Санкт-Петербург

² Высшая школа экономики, Нижний Новгород

Представлены результаты анализа карт распределений вертикальной компоненты электрических токов, полученных на основе данных рентгеновского изображающего спектрометра RHESSI для события 3 сентября 2017 года. Карты проанализированы для большого временного периода перед началом импульсной фазы вспышки. Полученные наблюдательные закономерности распределений вертикальных электрических токов позволяют делать выводы относительно развития активной области перед началом вспышечного события.

Нестационарные свойства квазипериодических пульсаций в солнечных вспышках

Куприянова Е.Г.¹, Кашапова Л.К.², Брумол А.-М.³,
Колотков Д.Ю.³, Лысенко А.Л.⁴, Кудрявцева А.В.²

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

² ИСЗФ СО РАН, Иркутск, e-mail: lkk@iszf.irk.ru

³ Warwick University, Warwick, UK,
e-mail: A-M.Broomhall@warwick.ac.uk

⁴ ФТИ им. Иоффе, С.-Петербург,
e-mail: alexandra.lysenko@mail.ioffe.ru

Одна из фундаментальных задач Физики Солнца связана с пониманием природы выделения и распространения энергии в атмосфере Солнца во время вспышек. Одним из неотъемлемых свойств вспышечного энерговыделения являются квазипериодические пульсации (КПП), часто наблюдаемые на различных фазах развития солнечной вспышки практически во всех диапазонах электромагнитного спектра (от гамма-лучей до радиоволн). Развитие методов диагностики механизмов генерации КПП даёт возможность приблизиться не только к качественному пониманию происходящих процессов, но и к количественному описанию. В настоящее время методы диагностики разрабатываются на основе событий, где пульсации имеют стационарные параметры. Такие пульсации являются частным случаем того, что подразумевается под КПП. Нестационарность параметров

КПП предсказывается теоретическими моделями механизмов КПП, основанными либо на МГД колебаниях плазменных структур, либо на автоколебаниях, либо на их комбинации. В последнее время стали появляться свидетельства присутствия КПП с меняющимися во времени параметрами (далее, нестационарные КПП) в солнечных и звёздных вспышках. Под нестационарностью понимаются отклонения от гармонического сигнала, например, непрерывный дрейф периода, модуляция амплитуды и периода, "цуговая" природа сигнала, различные формы тренда. В докладе представлены первые результаты тестирования методики детектирования и анализа нестационарных КПП на различных модельных временных рядах, а также результаты применения этого метода к выбранным солнечным вспышкам на основе данных Сибирского радиогелиографа.

Способы улучшения прогнозирования солнечных вспышек в микроволновом диапазоне

**Курочкин Е.А.¹, Богод В.М.¹, Петерова Н.Г.¹,
Свидский П.М.², Шендрик А.В.¹**

¹СПб Филиал САО РАН, С.-Петербург

²Институт прикладной геофизики им. академика Е. К. Фёдорова,
Москва

Микроволновый диапазон обладает рядом преимуществ для отслеживания динамики активной области и прогнозирования её вспышечной активности. По регулярным наблюдениям Солнца на РАТАН-600 была создана многолетняя база данных за почти два полных 11-летних циклов Солнца (с 1997 г. по настоящее время). За счёт высокой чувствительности и большому динамическому диапазону радиометров Солнечного комплекса РАТАН-600 возможно изучение как очень мощных, так и очень слабых явлений на Солнце, а высокое качество наблюдений в широком спектре позволяет подробно анализировать активные области и исследовать их динамику. На основе этой многолетней базы данных создана автоматизированная информационная система прогнозирования, которая позволяет также проводить анализ эффективности того или иного критерия прогнозирования в зависимости от фазы 11-летнего солнечного цикла.

Широкодиапазонные микроволновые наблюдения Солнца на новом комплексе РАТАН-600

Курочкин Е.А.¹, Стороженко А.А.¹, Гумеров А.Р.¹

¹СПб Филиал САО РАН, С.-Петербург

Ежедневные микроволновые наблюдения Солнца в радиодиапазоне предъявляют определённые требования к Солнечному Спектрально-Поляризационному комплексу (ССПК). Необходима как высокая чувствительность для наблюдения сравнительно слабых событий, так и высокий динамический диапазон для наблюдения сравнительно мощных событий (вплоть до миллиона Кельвинов). Высокое (порядка 1 %) частотное разрешение и поляризационные наблюдения позволяют детально исследовать излучения на необыкновенных и обыкновенных модах, однако при этом необходима качественная и удобная система управления приёмным комплексом и комплексом регистрации. Учитывая все эти нюансы, можно получать регулярные наблюдения Солнца высокого качества.

Связь между скоростью увеличения магнитного потока и другими параметрами всплывающей активной области

Куценко А.С.¹, Абраменко В.И.¹, Певцов А.А.²

¹Крымская астрофизическая обсерватория, Научный, Крым,
e-mail: alex.s.kutsenko@gmail.com

²National Solar Observatory, Boulder, CO, USA

Наиболее ярким проявлением солнечного динамо являются активные области (АО), которые образуются вследствие всплытия тороидального магнитного поля на поверхность Солнца. Наблюдательно установлено, что абсолютная скорость увеличения магнитного потока всплывающих АО пропорциональна самому потоку (см., например, [1]). В то же время, в работе [2] было показано, что АО, обладающие практически одинаковым потоком, могут показывать в разы отличающиеся скорости нарастания потока при всплытии. В данной работе мы хотим установить возможную связь между скоростью нарастания магнитного потока и другими характеристиками АО.

Используя данные инструмента SDO/HMI, мы выбрали 423 АО за период с 2010 по 2017 гг., всплывающие и достигающие максимального магнитного потока в пределах 60 градусов от центрального меридиана. Для

каждой АО в момент максимума магнитного потока мы рассчитывали ряд величин.

Результаты анализа рассчитанных величин показали, что, среди прочего, (i) средняя скорость увеличения магнитного потока и сам поток связаны степенным законом, показатель степени близок к 0.5; (ii) к моменту достижения максимального магнитного потока, тилт АО показывает значения, ожидаемые из закона Джоя; (iii) нет однозначной связи между твистом АО и скоростью увеличения магнитного потока.

- [1] Otsuji K., Kitai R., Ichimoto K., Shibata K., 2011, Proc. Astron. Soc. Japan, v. 63, p. 1047
- [2] Abramenko V. I., Kutsenko A. S., Tikhonova O. I., Yurchyshyn V. B., 2017, Solar Phys., v. 292, p. 48

Частые и редкие МГД-типы солнечного ветра

*Лукашенко А.Т.¹, Родькин Д.Г.², Шугай Ю.С.¹,
Слемзин В.А.², Капорцева К.Б.³, Веселовский И.С.^{1,4}*

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

² Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва,
e-mail: rodkindg@gmail.com

³ Физический факультет МГУ, Москва

⁴ Институт космических исследований РАН, Москва

Представлена МГД-классификация типов солнечного ветра по четырём параметрам. В их число входят: скорость V , температура T , плотность n и $\beta = \frac{8\pi nk_B T}{B^2}$, где B — модуль магнитного поля, k_B — постоянная Больцмана. Использованы 1-минутные данные OMNIWeb по протонам за 23-й и 24-й солнечные циклы.

В пространстве этих четырёх параметров установлены границы для быстрого и медленного ветра, горячего и холодного, плотного и разреженного. Ветер, у которого хотя бы один из параметров попадает в интервал между границами, считается относящимся к условному «нулевому» типу. Помимо него определены 8 гидродинамических типов ветра (быстрый-горячий-плотный, быстрый-горячий-разреженный и т. д.) [1] с подтипами по параметру β . Указанные типы и подтипы возникают вследствие различных проявлений солнечной активности и встречаются с разной частотой на разных фазах солнечного цикла.

Проводится сопоставление этой классификации с классическим подразделением солнечного ветра на высокоскоростные потоки из корональных дыр, КВМ и медленный ветер из пояса стримеров. Сравнение проведено для событий в августе 2010 г. и мае 2011 г., когда наблюдалось взаимодействие двух КВМ и КВМ с высокоскоростным потоком соответственно [2].

- [1] Лукашенко А.Т., Веселовский И.С., Капорцева К.Б. // Изв. Крым. астрофиз. общ., 2018, т. 114, № 2, с. 5.
- [2] Lukashenko A.T., Rodkin D.G., Kaportseva K.B., Shugay Yu.S., Veselovsky I.S., Slemzin V.A. // Workshop «Solar Influences on the Magnetosphere, Ionosphere and Atmosphere». Book of proceedings, Bulgaria, 2018, p. 25.

Накопление и выделение энергии в активной области по данным многоволновых наблюдений с высоким пространственным разрешением

*Мельников В.Ф.¹, Бакунина И.А.², Моргачев А.С.^{1,3},
Кузнецов С.А.¹, Шаин А.В.¹*

¹ ГАО РАН, Санкт-Петербург, Россия, e-mail: v.melnikov@gaoran.ru

² НИУ ВШЭ, Нижний Новгород, Россия

³ НИРФИ ННГУ, Нижний Новгород, Россия

Наблюдаемая перед большими вспышками активизация тонких плазменных структур в активной области (магнитные петли, волокна и скрученные магнитные жгуты с текущими вдоль них электрическими токами) является проявлением процессов накопления свободной магнитной энергии и формирования условий её выделения. Комплексное многоволновое исследование динамики таких структур позволяет глубже понять физику накопления и освобождения энергии в активных областях, а также идентифицировать триггеры импульсного энергосвободения. В настоящей работе процессы активизации тонких плазменных магнитных структур изучены на основе наблюдений с высоким пространственным разрешением в микроволновом (Радиогелиограф Нобеля), оптическом (SDO/HMI) и ультрафиолетовом (SDO/AIA) диапазонах на примере многочасового развития активной области NOAA 12673, закончившегося вспышкой 4 сентября 2017 г. класса M1.2 (05:36). Установлено, что в течение 6 часов до её начала пространственное распределение МКВ и УФ яркости кардинально

изменялось. Для анализа физических причин этих изменений исследована динамика: а) трехмерной структуры магнитного поля активной области, восстановленного в нелинейном бессиловом приближении по данным векторного фотосферного магнитного поля; б) свободной магнитной энергии в трех основных петельных структурах активной области; в) двумерного распределения вертикальных электрических токов на уровне фотосферы.

Исследование вариаций потока мюонов по данным мюонного годоскопа УРАГАН на разных фазах солнечной активности

Мельникова И.А., Астапов И.И., Осетрова Н.В.

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

Исследования возмущений в гелиосфере и межпланетном пространстве проводятся с помощью различных спутниковых методов, целью которых является получение глобальной картины геомагнитного поля, состояния ионосферы, радиационных поясов и околоземного межпланетного пространства. Распространение потока космических лучей (КЛ) в гелиосфере зависит от характеристик потока солнечной плазмы. Для исследования возмущений в межпланетном пространстве особый интерес представляет использование мюонной компоненты, генерируемой первичными частицами КЛ, так как мюоны сохраняют направление движения первичных частиц. Мюонный годоскоп УРАГАН [1] регистрирует поток мюонов на поверхности Земли одновременно с различных направлений, что позволяет проводить пространственно-угловые измерения модуляций космических лучей в околоземном пространстве и изучать динамику изменения потока мюонов в широком диапазоне углов с помощью одной установки. Это, в свою очередь, дает возможность изучать анизотропию потока мюонов, вызванную возмущениями межпланетного магнитного поля и магнитного поля Земли.

В данной работе приводятся результаты анализа данных мюонного годоскопа с 2007 по 2017 гг., которые охватывают как период минимума, так и максимума солнечной активности. Для выделения интервалов геомагнитных возмущений использовались данные базы OMNI2. Приводятся корреляционные зависимости между параметрами возмущений гелиосферы и магнитосферы с характеристиками локальной анизотропии потока мюонов на разных фазах солнечной активности.

Работа выполнена в Научно-образовательном центре НЕВОД НИЯУ МИФИ при поддержке РФФИ (грант № 18-32-00161 мол а).

- [1] Барбашина Н.С. и др. // ПТЭ. 2008. № 2. С. 26-32.

Эволюционные изменения конфигурации магнитного поля короны Солнца

Мерзляков В.Л., Старкова Л.И.

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

Исследовались особенности изменения конфигурации магнитного поля короны Солнца в цикле солнечной активности. Индикатором таких изменений была выбрана кривизна оси шлемов К-короны. В качестве изучаемого материала использовались структурные изображения К-корон, полученных при солнечных затмениях, а также данные коронометра "Mark". Проведенный анализ выявил устойчивые закономерности в изменении кривизны в эпоху низкой солнечной активности. Оказалось, что переход между солнечными циклами характеризуется скачкообразным изменением кривизны оси шлемов. Обнаружились и эволюционные вариации величины кривизны с локальными экстремумами. На фазе спада активности степень кривизны достигала максимума, а в начале солнечного цикла имелся минимум. Временной интервал между указанными экстремумами и моментом перехода между циклами составляет 0.9 ± 0.2 года. Регулярность и временная стабильность появления экстремумов указывают на перестройку коронального магнитного поля вследствие эволюционных закономерностей процесса генерации солнечного магнитного поля. Скачкообразное изменение величины кривизны отражает ситуацию появления новой динамо-волны на средних широтах.

Свойства токового слоя над пучком корональных петель

Мерзляков В.Л.

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

Высказано предположение, что наблюдаемый пучок корональных петель над активной областью Солнца представляет собой фрагментированный цилиндрический слой. Предложена модель формирования такого слоя за счет дрейфового перемещения корональной плазмы в переменном магнитном поле. Локальное уплотнение плазмы в виде цилиндрического слоя происходит при конфигурации магнитного поля с особенностью Х-типа над вершиной слоя. Вдоль этой магнитной особенности направлено вихревое электрическое поле и силовые линии магнитной октупольной компоненты, что и создает в некотором пространстве около Х-линии токовый слой. Проведены оценки параметров токового слоя для типичной ситуации над активной областью. Сечение токового слоя, как оказалось, вытянуто в вертикальном направлении и имеет площадь $\approx 10^4$ км², величина тока $\sim 10^9$ А, скорость электронов тока $\approx 10^5$ см/с, эффективная частота столкновений частиц тока $\sim 10^6$ с⁻¹. Найденная частота столкновений на 5 порядков превышает тепловые электрон-протонные столкновения. Этот факт означает, что токовый слой находится в состоянии турбулентности. Вероятной причиной возникновения турбулентности является Бунемановская неустойчивость.

Особенности конфигурации силовых линий в токовом слое приводит к его фрагментации вследствие тиринг-неустойчивости вдоль Х-линии. Это создает модуляцию величины тока вдоль оси плотного цилиндрического слоя. Расчеты показали, что наличие такой модуляции фрагментирует цилиндрический слой, вследствие чего и формируется система в виде совокупности корональных петель.

Нелинейные радиальные колебания солнечных корональных трубок

Михаляев Б.Б., Нага Варун Е., Манкаева Г.А.

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

Одно из наиболее популярных объяснений наблюдаемых квазипериодических пульсаций электромагнитного излучения, генерируемого во время вспышек, есть модуляция интенсивности излучения быстрыми радиальными МГД-модами магнитных трубок [1]. Для интерпретации пульсаций обычно используется линейная теория. Однако, часто наблюдаются волны большой амплитуды [2], [3], что требует учета нелинейных эффектов. Известно, что быстрые радиальные моды магнитных трубок обладают большой дисперсией. Модуляция волны по амплитуде приводит к нелинейным явлениям, например, к формированию уединенной волны — солитона, хорошо описываемым нелинейным уравнением Шредингера (НУШ). НУШ использовалось различными авторами для описания модуляционной неустойчивости быстрых и медленных магнитозвуковых волн в плоской геометрии. Недавно получено НУШ, описывающее модуляцию быстрых радиальных мод цилиндрической магнитной трубки [4]. Пользуясь полученными выражениями для коэффициентов уравнения, мы исследуем условия возникновения модуляционной неустойчивости в корональных петлях.

- [1] Nakariakov V.M., Melnikov A.V. // Space Science Reviews, 2009, 149, 119.
- [2] Inglis A.R., Nakariakov V.M., Melnikov V.F. // Astron. Astrophys., 2008, 487, 1147.
- [3] Huang J., Tan B., Zhang Y., Karlický M., Mészáros H. // The Astrophysical Journal, 2014, 791, A44.
- [4] Mikhalyaev B.B., Ruderman M.S. // Journal of Plasma Physics, 2015, 81, 905810611.

**О тепловой природе миллиметрового излучения
солнечной вспышки 2 апреля 2017**

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

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

² Научно-исследовательский радиофизический институт ННГУ
им. Н. И. Лобачевского, Нижний Новгород,
e-mail: a.s.morgachev@mail.ru

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

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

Проведено исследование природы миллиметрового (93 и 140 ГГц) излучения солнечной вспышки рентгеновского класса М 6.4, зарегистрированной на радиотелескопе РТ-7.5 МГТУ им. Н.Э. Баумана 02 апреля 2017 года в активной области NOAA 12644, с помощью данных наблюдений службы Солнца BBC США RSTN (4.9, 8.8 и 15.4 ГГц), космических спутников SDO/AIA (ультрафиолет), а также GOES, RHESSI и Konus-Wind (рентген). Установлено, что спектр плотности потока миллиметрового излучения растет с увеличением частоты в течение всего всплеска. Подобие профилей миллиметрового и мягкого рентгеновского излучения свидетельствует в пользу его тепловой природы. Исходя из расчета дифференциальной меры эмиссии корональной плазмы по данным SDO/AIA, сделан вывод о ее пренебрежимо малом вкладе в миллиметровое излучение вспышки. Использование модели вспышечной хромосферы Machado et al. (1980), следующей из оптических наблюдений, приводит к заниженным значениям потока миллиметрового излучения. Это свидетельствует о важном вкладе в излучение испаряющейся плазмы из переходной области с температурой около 0.1 МК.

**Многоволновое исследование мощных солнечных
вспышек в минимумах 22, 23 и 24 солнечных циклов**

Моторина Г.Г.^{1,2}, Лысенко А.Л.², Флейшман Г.Д.^{3,2}

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

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

³ *New Jersey Institute of Technology, Newark, USA*

Солнечная активность имеет периодичность на различных временных масштабах (от 158 дней до тысячелетий). В качестве показателя солнечной активности чаще всего используется относительное число солнечных пятен (число Вольфа). Один из наиболее ярко выраженных — одиннадцатилетний цикл активности. В целом число вспышек на Солнце и другие индексы солнечной активности очень хорошо коррелируют с числом Вольфа в данный момент, однако, отдельная активная область, дающая мощные вспышки X класса в мягком рентгеновском диапазоне, может наблюдаться на любой фазе цикла солнечной активности, включая минимумы. Такое резкое увеличение числа солнечных вспышек имело место в минимумах предыдущих солнечных циклов, равно как и на спаде 24-го солнечного цикла, в сентябре 2017 года.

Комплексный анализ таких мощных вспышек в минимуме активности до настоящего времени не проводился, и вопросы о том, насколько такие вспышки являются случайным или закономерным явлением, сходны ли предпосылки их возникновения для всех циклов, какие наблюдательные свойства излучения в различных диапазонах совпадают, а какие отличаются, остаются открытыми. Представленная работа направлена на рассмотрение и анализ вспышек X класса в минимумах циклов солнечной активности как отдельной группы событий. Мы имеем преимущество наблюдения минимумов 22го, 23го и 24го солнечных циклов в жёстком рентгеновском и мягком гамма-диапазонах одним и тем же инструментом — Konus-Wind, который функционирует в межпланетном пространстве с ноября 1994 г. по сей день. Мы дополняем эти данные многоволновыми наблюдениями Солнца другими инструментами.

Данная работа поддержана грантом РФФИ 18-32-00439 мол_а.

Analysis of initial stage CMEs using spectroheliograms from Kislovodsk's patrol telescopes

Naga Varun .Y¹, Pashenko M.P.², Tlatov A.G.²

¹*Kalmyk State University, Elista, e-mail: naga.varuny@gmail.com,*

²*Kislovodsk Solar station, Kislovodsk*

We have made a detailed survey of Ca IIK spectroheliograms from 2012 till 2018 taken by the Kislovodsk's patrolling telescope. This led to the cataloging of a wide variety of filament eruption events including a large number of Coronal Mass Ejections (CME) near the center of the disc which were not registered by the SOHO's onboard coronagraphs. To identify eruptive events, a method involving the isolation by intensity differences in the line wings of Ca IIK. To do this, we use information about the full spectral line profile, which is recorded at each point while scanning the solar disk. Also for the first time we introduced a new method of analyzing the velocity of a coronal mass ejection. Earlier there was a difficulty in measuring the line of sight velocity component by Doppler measurements because of the complex spectral line profile of the CaII line. Now we have overcome the problem by actually analyzing the eruption event through a layered spectroheliogram. Layered spectroheliograms give a tomographic insight into the eruption event which in conjunction with an appropriate model for the chromospheric spectral line formation helps us to evaluate the kinematic parameters of the coronal mass ejections. The obtained parameters can further help us to model and extrapolate the evolution of a coronal mass ejection.

Нелинейная математическая модель пятенной цикличности Солнца

Наговицын Ю.А.^{1,2}, Певцов А.А.³

¹*ГАО РАН, г. Санкт-Петербург, Россия*

²*ГУАП, г. Санкт-Петербург, Россия*

³*National Solar Observatory, Boulder, USA*

Предлагается интерпретация процесса солнечной цикличности как результат внешнего квази-синусоидального воздействия на осциллятор с кубической нелинейностью и линейным демпфированием. Для этого использовалась эмпирическая амплитудно-частотная зависимость в сравнении с теоретической зависимостью, полученной методами усреднения Крылова-Боголюбова.

В качестве данных мы использовали новую версию 2.0 числа пятен SN (Клетте и др.), начиная с 1700 года и версию числа групп пятен GN (Свальгаард, Шаттен), шкалированную в SN, для 17 века. Полученный результат имеет лучшую внутреннюю согласованность, чем наш ранний результат (Наговицын, 1997) для версии 1.0 SN. Это подтверждает обоснованность введения новых версий SN и GN.

Основной же результат этой работы – мы показали, что процесс солнечной цикличности, описываемый новыми версиями SN и GN в 22-летнем «знакопеременном» варианте может быть описан математической моделью дуффинговского осциллятора.

Асимметрия солнечных циклов как следствие флуктуаций параметров динамо

Непомнящих А.А., Кичатинов Л.Л.

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

Длительность роста активности в солнечных циклах в среднем короче длительности спада. Показано, что к такой асимметрии могут приводить флуктуации параметров динамо. Модель солнечного динамо с флуктуациями α -эффекта показывает средне-статистическую асимметрию, которая увеличивается с возрастанием как амплитуды, так и длительности флуктуаций. Предложено объяснение вызванной флуктуациями асимметрии, которое предсказывает корреляцию между величиной асимметрии и временем запаздывания обращений знака полярного поля относительно максимума активности. Такая корреляция подтверждается данными о двенадцати последних солнечных циклах.

Новая оценка энергии нетепловых электронов в
гигантской солнечной вспышке 28 октября 2003 г.
по наблюдениям Mars Odyssey

Низамов Б.А.¹, Зимовец И.В.^{2,3,4}, Головин Д.В.²,
Санин А.Б.², Литвак М.Л.², Третьяков В.И.²,
Митрофанов И.Г.², Козырев А.С.²

¹ ГАИШ МГУ, Москва, e-mail: nizamov@physics.msu.ru

² ИКИ РАН, Москва

³ State Key Laboratory of Space Weather, National Space Science Center
(NSSC) of the Chinese Academy of Sciences, No.1 Nanertiao,
Zhongguancun, Haidian District, Beijing, China

⁴ International Space Science Institute – Beijing (ISSI-BJ), No.1
Nanertiao, Zhongguancun, Haidian District, Beijing, China

Получена новая оценка полного числа и энергии нетепловых электронов, ускоренных в гигантской солнечной вспышке 28 октября 2003 года, на основе наблюдений жёсткого рентгеновского излучения прибором HEND (High Energy Neutron Detector) на борту космического аппарата Mars Odyssey. Предыдущие оценки, основанные на наблюдениях RHESSI, были неполны, поскольку этот аппарат не наблюдал начало вспышки. HEND наблюдал вспышку полностью. Мы использовали две модели для оценки энергии нетепловых электронов: модели холодной толстой мишени и тёплой толстой мишени. В зависимости от используемой модели и принятого нижнего порога спектра электронов E_c наша оценка меняется от 2.3×10^{32} до 6.2×10^{33} эрг. Самая низкая оценка, 2.3×10^{32} эрг, полученная для холодной толстой мишени и пороговой энергии 43 кэВ, согласуется с предыдущей оценкой. В этом случае электроны, ускоренные в пике вспышки, пропущенном RHESSI, содержали порядка 40% полной энергии нетепловых электронов во вспышке. Максимальная оценка, 6.2×10^{33} эрг, полученная для холодной толстой мишени и порога 10 кэВ, выглядит аномально большой, поскольку она превосходит полную свободную энергию магнитного поля в активной области и полную болометрическую энергию, излучённую во вспышке. Наши оценки также показывают, что полное число и энергия нетепловых электронов во вспышечной области на несколько порядков величины больше числа и энергии нетепловых электронов, вылетевших в межпланетное пространство.

**Определение параметров вспышечной плазмы и пучка
ускоренных электронов в солнечной вспышке
10 сентября 2017 г. по данным RHESSI, SDO**

Овчинникова Е.П.¹, Шабалин А.Н.¹, Чариков Ю.Е.¹

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

Определены параметры плазмы и пучка ускоренных электронов во время солнечной вспышки класса X8.2, зарегистрированной 2017-09-10 15:52:00UT. По данным GOES наблюдался медленный многочасовой спад мягкого рентгеновского излучения (1-8 А). На протяжении 12 часов после максимума вспышки поток мягкого рентгеновского излучения превышал по величине события класса C. Спектрометр RHESSI зарегистрировал единственный корональный источник жесткого рентгеновского излучения, положение которого смещалось радиально от Солнца на ~ 10 угловых секунд на интервале времени 10 минут. В моменты выхода из теневой части орбиты аппаратом RHESSI также наблюдались локализованные источники жесткого и мягкого рентгеновского излучения на протяжении нескольких часов после максимума вспышки. Спектры жесткого рентгеновского излучения представляют двухстепенную зависимость ($\delta_1 = 7, \delta_2 = 3$ в момент пика) с характерным поведением до энергии перегиба (50 кэВ) Soft Hard Soft, высоко энергичная часть — Soft Hard Harder. По изображениям RHESSI получена оценка размера источника жесткого рентгеновского излучения ~ 20 угловых секунд. Используя значения меры эмиссии и объема излучающего источника, была оценена концентрации $\sim 10^{11} \text{ см}^{-3}$ и температура 40МК плазмы (для фазы пика). Спектр временных задержек имеет не характерный для корональной вершины вспышечной петли вид — спадающий с энергией, не соответствующий модели ловушки с высыпанием, что накладывает определенные условия на конфигурацию магнитного поля, анизотропию в распределении ускоренных электронов, а также указывает на наличие турбулентности.

**Анализ пространственной структуры, спектра жесткого
рентгеновского излучения и временных задержек
в событии 23 сентября 2014 г. по данным наблюдений
RHESSI, SDO, Nobeyama Radioheliograph**

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

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

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

В работе по данным HMI/SDO восстановлена структура магнитного поля вспышки 23-09-2014 23:11UT, GOES-класс M2.5 в области короны. Детально исследованы радио (Nobeyama Radioheliograph) и рентгеновские (RHESSI) карты излучения, их временная и пространственная эволюция с учетом распределения магнитного поля в фотосфере-хромосфере и короне активной области. Исходя из различия в эволюции регистрируемого радио и рентгеновского излучения, удобно разделить аркаду на две части — северную и южную. Северная часть представляет собой магнитную петлю с отношением $B_{max}/B_0 \sim 7$ на севере и ~ 1.8 на юге ($B_0 \approx 120$ Гс). Южная часть — совокупность петель, протянувшихся с севера на юг и соединяющих крупные пятна с характерными отношениями $B_{max}/B_0 \sim 25$ на севере и $B_{max}/B_0 \sim 9$ на юге. Временной профиль имеет сложную структуру: фаза роста, последовательность из трех растущих по амплитуде пиков и спад. На фазе роста наблюдаются два источника жесткого рентгеновского излучения (25-50 keV) в северной и южной частях аркады. Источники ассоциированы с излучением из южных оснований петель. Отсутствие источников в северной части петель, вероятно, вызвано сильной асимметрией магнитного поля. Положение источников радиоизлучения (17, 34 ГГц) совпадает с областями минимума магнитного поля для северной магнитной петли. В момент главного пика источник жесткого рентгеновского излучения в северной части аркады был ассоциирован с вершиной северной магнитной петли.

**Возможный вклад гравитационного воздействия
Юпитера и Сатурна в 60-летнюю вариацию
глобальной температуры**

Огурцов М.Г.^{1,2}

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

² *Главная Астрономическая обсерватория, Пулковое, С.-Петербург*

Рассмотрена возможная связь между 60-летней вариацией глобальной температуры с амплитудой 0.350С и соответствующим циклом в расположении Юпитера и Сатурна. Показано, что гравитационное возмущение земной орбиты Юпитером и Сатурном способно дать вариацию глобальной температуры лишь в 0.0120С. Показано, что модуляция потока космической пыли, поступающего в атмосферу Земли, гравитационным полем Юпитера и Сатурна является более перспективным механизмом передачи влияния гигантских планет на земной климат. Для того, чтобы глобальная температура испытала вариацию с амплитудой 0.30С, Юпитер и Сатурн должны обеспечить вариацию потока внеземного вещества в земной атмосфере с амплитудой 16. Выяснение вопроса о том, способны ли эти две планеты обеспечить такую вариацию, представляет значительный интерес для климатологии.

**Исследование локальной анизотропии потока мюонов,
регистрируемого в годоскопическом режиме, во время
мощных геоэффективных гелиосферных возмущений
2017 года**

Осетрова Н.В., Астапов И.И., Мельникова И.А.

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

Основным источником возмущений в межпланетном пространстве являются активные процессы на Солнце. Корональные выбросы масс (КВМ) вызывают наиболее сильные возмущения в околоземном пространстве. Основной частью вторичной компоненты КЛ на поверхности Земли являются мюоны. Они с хорошей точностью сохраняют направление движения первичных частиц, что позволяет проводить изучение пространственно-угловых вариаций космических лучей в околоземном пространстве.

В работе рассматриваются данные, полученные с помощью мюонного годоскопа УРАГАН [1], регистрирующего поток мюонов на поверхности Земли одновременно с различных направлений, что дает возможность

изучать анизотропию потока мюонов [2], вызванную гелиосферными явлениями, в том числе, прохождением корональных выбросов масс в межпланетном пространстве. Представлены результаты анализа локальной анизотропии потока мюонов по данным УРАГАН во время геоэффективных КВМ, произошедших в 2017 году. Под геоэффективными событиями подразумеваются события, которые оказывают непосредственное влияние на радиационную, геомагнитную и электромагнитную обстановку в околоземном пространстве [3]. Отбор КВМ осуществляется с помощью базы данных SACTus, которая формируется на основе анализа данных коронографов LASCO C2/C3 и COR2. Особое внимание уделено серии мощных выбросов, произошедших в сентябре 2017 года.

Работа выполнена в Научно-образовательном центре НЕВОД НИЯУ МИФИ при поддержке РФФИ(грант 18-32-00161 мол а).

- [1] Барбашина Н.С. и др. // ПТЭ. 2008. № 2. С. 26.
- [2] Astapov I.I. et al. // Advances in Space Research. V. 5. I. 12. P. 2713.
- [3] И.Н. Мягкова и др. // Астрономический вестник. 2013. Т. 47 (2). С. 141-155.

Две популяции групп солнечных пятен: пространственное распределение активности

**Наговицын Ю.А.^{1,2}, Певцов А.А.³, Осипова А.А.¹,
Иванов В.Г.¹**

¹ ГАО РАН, г. Санкт-Петербург, Россия

² ГУАП, г. Санкт-Петербург, Россия

³ National Solar Observatory, Boulder, CO 80303, USA

Рассматривается пространственное распределение пятенной активности с точки зрения существования на Солнце двух различающихся популяций групп солнечных пятен.

Подтверждено существование на Солнце двух популяций групп солнечных пятен LLG (распределенных логнормально) и SSG (распределенных логнормально или по Вейбуллу), разделяющихся по времени жизни группы (меньше и строго больше 5 дней). Относительное число LLG изменяется с широтой от 0.45 на средних широтах до 0.25–0.30 на низких и высоких.

При построении диаграммы бабочек SSG показывает больший разброс по широте, чем LLG. Широтная протяженность области пятнообразования для подсчитанных экстремальных значений в году у SSG в 97% случаев больше таковой LLG – для N-полушария, в 96% – для S-полушария. Среднее значение невязки 7 град в северном и 8 град в южном полушариях.

Показано, что N-S асимметрия – общий глобальный процесс, которому подвержены и LLG, и SSG. При этом асимметрия крупных групп пятен показывает несколько больший разброс колебаний, чем асимметрия SSG.

Гамма-излучение спокойного Солнца

Ковальцов Г.А.¹, Остряков В.М.²

¹ *ФТИ им. А.Ф.Иоффе, С.-Петербург, e-mail: gen.koval@mail.ru*

² *С.-Петербургский Политехнический ун-т Петра Великого,
e-mail: Valery.Ostryakov@mail.ioffe.ru*

В атмосфере Солнца под действием космических лучей (КЛ) генерируются различные долгоживущие радиоактивные изотопы (^3H , ^{10}Be , ^{14}C , ^{22}Na , ^{26}Al и др.), при распаде которых генерируется солнечное фоновое гамма-излучение в линиях. Кроме того, эти изотопы должны выноситься с солнечным ветром в межпланетное пространство. В работе оценивается скорость генерации этих изотопов в солнечной атмосфере. Обсуждается возможность получения информации о средних потоках КЛ в атмосфере Солнца из измерений фонового солнечного гамма-излучения в линиях и содержания радиоизотопов в солнечном ветре.

9-дневные вариации TSI — отражение глубинных процессов вблизи солнечного ядра?

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

*Главная (Пулково) астрономическая обсерватория,
e-mail: parfinenko@mail.ru*

Исследованы глобальные колебания Солнца по данным TSI (Total Solar Irradiance). Обработаны синхронные серии наблюдений инструментов TSI VIRGO и SORCE/TIM. Обнаружено, что в низкочастотном спектре колебаний Солнца как звезды присутствуют моды 8-10 часов и 36-38 часов, и основная 9-ти суточная мода. 9-ти суточная мода является стабильной самостоятельной модой в колебаниях TSI, а не обертоном моды вращения Солнца, период которой меняется от 27 до 34 дней. Возможно, что она связана с g-модами в ядре.

Новый солнечный магнитограф КрАО РАН и некоторые особенности измерения магнитных полей

Плотников А.А., Куценко А.С.

*Крымская астрофизическая обсерватория, Научный,
e-mail: plotnikov.andrey.alex@yandex.ru,
e-mail: alex.s.kutsenko@gmail.com*

В Крымской астрофизической обсерватории в данное время проходит модернизация оборудования магнитографа. На замену использовавшейся ранее схемы с фотоумножителями предложено применение ПЗС-матрицы, что позволяет получать полный профиль спектральной линии в сочетании с высоким разрешением по длине волны.

Использование круговых поляризаций светового потока позволяет получить только компоненты I и V вектора Стокса. Однако даже эти данные дают возможность оценить не только продольную составляющую магнитного поля, но и его модуль вектора. В данной работе описывается один из возможных методов извлечения этих параметров.

Для проверки метода в работе были обработаны исходные данные со спутника Hinode. Полученные результаты сравнивались с результатами обработки тех же данных в High Altitude Observatory, использующей сложные алгоритмы аппроксимации спектральных линий модельными профилями. Показано, что даже описанные простые методы дают хорошую корреляцию на качественном и количественном уровне.

Половой диморфизм эволюционных адаптивных реакций человека на космогеофизические факторы

Рагульская М.В.¹, Обриджо В.Н.¹, Бабаев Э.С.²

¹ИЗМИРАН им. Н. В. Пушкина, Москва, Россия

²ШАО НАНА, Азербайджан

В период с 1998 года и по настоящее время в рамках ИЗМИРАН, российско-украинского проекта «Гелиомед» и российско-азербайджанского гранта РФФИ был проведен комплекс длительных мониторинговых исследований психо-физиологического состояния групп функционально здоровых людей. Общие базы данных составляют более 500 000 измерений. Полученные результаты по ежедневной динамике ЭКГ, ЭЭГ и электрического потенциала (ЭП) биологически активных точек (БАТ) кожи для постоянных групп обследуемых сравнивались с динамикой параметров космической и обычной погоды, а также с вариациями геомагнитной активности в различных фазах цикла солнечной активности. Одновременные групповые эффекты регистрировались в городах России и Украины на расстоянии до 6 000 км. Запись электроэнцефалограмм (ЭЭГ) практически здоровых женщин 50-60 лет в дни со спокойной ($K_p=1-2$) и возмущенной геомагнитной обстановкой ($K_p=4$) проводилась в Баку.

Выявлено, что:

1. Изменения ЭП БАТ, отражающие реакцию симпатно-адреналовой системы, при резких вариациях космогеофизических факторов имеют вид классической неспецифической стресс-реакции, одинаковой для женской и мужской части группы. Они статистически достоверно наблюдаются за 1 сутки до начала магнитной бури. На широте Москвы адаптационная реакция регистрируется у 70% группы вне зависимости от пола. При этом реакция на физическую нагрузку и адаптация при переездах являются различной у женщин и мужчин. У женщин понижается амплитуда реакции (до 30% в течение 3 суток). У мужчин увеличивается разброс параметров, и наблюдается сдвиг распределения параметров вправо.

2. При анализе ЭЭГ выявлено изменение частотно-амплитудных характеристик и показателей соотношения ритмов. Во время слабого геомагнитного возмущения увеличивался индекс тета-ритма, с акцентом по височным областям. Также отмечалось диффузное увеличение индекса и амплитуды волн дельта-диапазона. Наряду с этим прослеживалась тенденция к снижению амплитуды альфа и бета-ритмов.

3. В мониторингах ЭКГ адаптивная реакция на космогеофизические факторы, проявляющаяся в виде изменения длины ST-сегмента и возникновения нетипичных циклов (экстрасистол) наблюдалась у 80 мужчин.

и 20% женщин непосредственно в день магнитной бури во всех городах-участниках (4 из 5 мужчин против 1 из 5 у женщин). Реакция сердечно-сосудистой системы на космогеофизические факторы и физическую нагрузку имела разнонаправленный характер: наблюдалось упорядочение при физнагрузке и хаотизация — при магнитной буре. При этом базовый уровень хаотизации ЭКГ в магнито - спокойные дни выше у женщин, чем у мужчин. Таким образом, наблюдается половой диморфизм адаптивных реакций человека на космогеофизические факторы. Выявленные различия скорее всего носят эволюционный характер, и связаны с защитой фертильности женского организма. Высокая хаотизация индивидуальных сигналов ЭКГ и ЭЭГ обследуемых женщин приводит к увеличению степени хаотизации группового сигнала при поиске коллективных эффектов у населения.

Работа поддержана российско-азербайджанским грантом РФФИ.

- [1] E. Babayev, M. Ragulskaya, V. Obridko. Journal Life Sciences in Space Research, 2018 (в печати)

Космические лучи как фактор эволюционного отбора способов запаса энергии в первичных земных биоструктурах

Рагульская М.В.

ИЗМИРАН, Москва, Россия

В настоящее время предполагается, что состав и отбор единого генетического кода земной биосферы происходил при активном участии интенсивного ультрафиолетового излучения молодого Солнца [1]. Однако не только этот космофизический фактор оказал активное влияние на формирование и способ функционирования первых организмов. По-видимому, именно галактические космические лучи определили способы накопления энергии в древних экологических сообществах. Одними из первичных длительных хранилищ энергии в биообъектах ранней Земли являются полифосфаты – полимеры ортофосфорной кислоты, остатки которой соединены ангидридными полифосфатными связями. Эти про- биологические структуры до сих пор присутствуют, например, в клетках современных дрожжей (в виде волютиновых гранул) или гемоглобине человека. Они могли синтезироваться ещё в молекулярных галактических облаках, причем при активном участии галактических космических лучей. Запасание большого количества энергии в результате ионных превращений в таких

макроэргических соединениях возможно лишь при высокой концентрации рН-буфера, высоком осмотическом давлении и высокой ионной силе. По эффективности они проигрывают эволюционно более позднему синтезу и запасу энергии углеводов с помощью поглощения энергии Солнца путем превращения электрически нейтральных молекул (например, в жирные кислоты с цепью полисахаридов или белки). Однако имеется и существенное преимущество — для реализации процесса накопления энергии в полифосфатах не требуется доступа к излучению Солнца. Поэтому именно этот способ запаса энергии закрепился в первых земных организмах путем эволюционного отбора под воздействием галактических космических лучей на поверхность и атмосферу ранней Земли, либо ещё раньше, при формировании протопланетного облака. Первичная биосфера недоступна для прямого изучения, но имеются аналоги древних биообъектов, содержащие волутиновые гранулы полифосфатов, которые дожили до наших дней. В работах [2, 3, 4] рассматривался аспект воздействия ГКЛ на современные биосистемы. При длительных мониторингах зафиксированы вариации динамических показателей эталонных клеточных структур с волутиновыми гранулами, статистически значимо совпадающие именно с вариациями ГКЛ (мониторинг 2000-2013 года, *Saccharomyces cerevisiae* strain Y-517, Е. Н. Громозова, Киев). Эволюционные адаптивные реакции, связанные с ГКЛ и СКЛ, особенно востребованы в минимуме цикла СА, длительных минимумах (подобных Маундеровскому), и при инверсиях геомагнитного поля [4]. Механизм воздействия может быть связан с изменениями содержания кислорода, озона, серы и азота в атмосфере Земли в разные фазы цикла СА (длительные вариации). Краткосрочные вариации могут быть связаны с адаптивными изменениями содержания и распределения концентрации фосфора, кислорода и железа в живых организмах.

- [1] Mulkidjan A. Y., Galperin M. Y. *Biology direct*, 2009, v.4, p.27
- [2] Gromozova E., Ragulskaia M. et al. *Cosmic rays as bio-regulator of deep time terrestrial ecosystems // Sun and Geosphere*. – 2012. – 7(2). – P:117-120.
- [3] Belisheva N.K. et al, 2012, www.astrophys-space-sci-trans.net/8/7/2012/doi:10.5194/astra-8-7-2012
- [4] Ragulskaia M., *Life and the Universe*” (ed. Obridko V., Ragulskaia M.) – Spb, BBM, 2017, p. 195-213. <http://www.izmiran.ru/pub/izmiran/Life-n-Universe.pdf>

Магнитный цикл пятнообразования на Солнце и правило Вальдмайера

Ривин Ю.Р.

e-mail: ju_rivin@web.de

На основе концепции магнитного цикла как основного цикла образования пятен для определения изменения общей продолжительности составляющих его 11-летних циклов (T) построены отдельно ряды T_1 и T_2 циклов №№0-23 (соответственно с четными и нечетными номерами). Затем проведено их сглаживание скользящим интервалом три года, разделившим их изменения на низкочастотную (нч-) и высокочастотную (вч-) части. Анализы этих частей показали:

1. Основная доля изменений T попадает в нч- часть и на этом интервале (особенно с цикла №10) проходит в противофазе к изменениям высот циклов, т. е. она обусловлена вековыми вариациями, которые, как предположено, создаются процессами в конвективной зоне.

2. Вч- изменения T после цикла №10 происходят в полосе ± 1 год. У них, во-первых, после уменьшения цикла с четным номером на ~ 1 год последующий цикл с нечетным номером увеличивается примерно на ту же величину; во-вторых, сохраняется вековое изменение амплитуды: после цикла №16 (в годы максимальных высот циклов W) она уменьшается примерно в два раза, а затем снова увеличивается в циклы №№20,21 противофазно изменению высот W . Возможно, такие изменения создаются совместно механизмом $\alpha\Omega$ -динамо и другими процессами в конвективной зоне.

3. Амплитуда изменений T до цикла №10 в ~ 2 раза выше, чем последующих. Дать однозначную интерпретацию такого её повышения (погрешности измерение или минимум Маундера) пока не представляется возможным.

Дополнительно проведена проверка корреляции на том же интервале изменения продолжительности магнитных циклов W и их амплитуды (полученной как полусумма высот, составляющих его 11-летних циклов). Она также показала значительную корреляцию с прохождением двух кривых в противофазе на всём интервале.

Полученные результаты анализа свидетельствуют о необходимости коррекции правила Вальдмайера и изучения следствий из неё.

**Возможный источник значительного различия
нч-частей спектров среднегодовых значений рядов
чисел Вольфа и магнитного цикла солнечных пятен**

Ривин Ю.Р.

e-mail: ju_rivin@web.de

В [1, 2] рассмотрены спектры среднегодовых значений рядов чисел Вольфа (W) и магнитного цикла солнечных пятен (MCW). Они, хотя и получены разными методами, в области основных частот их структуры схожи между собой. Однако в низкочастотной (нч-) части между первыми и вторыми существуют значительные различия. До сих пор такому различию в литературе нет объяснения. В результате анализа и моделирования показано, что основой причиной такого различия является N-S-асимметрия образования пятен двух полушарий Солнца, создающая биения в результате небольшого различия основных периодов 11- и 22-летних циклов. Оценки показывают:

1. Ряд W при несущем периоде $T_n \approx 10,7$ лет модулируется колебанием с $T_m \approx 200$ лет (огнивающая колебаний основного периода). Колебание с таким T_m наблюдается в спектре W на интервале с середины 19 века [2], а также подтверждается анализами по содержанию ^{14}C в кольцах деревьев, например, [3-5]. Отсюда интерпретация колебаний с $T_m \approx 100$ лет, (считающееся основным вековым) и $T_m \approx 50$ лет, наблюдаемых в нч-частях спектров такого ряда до середины 19 века, требует коррекции. Возможно, последние обусловлены квадратичным детектированием магнитного цикла на временных интервалах $L \leq 2T_m$ при увеличенных погрешностях определения высот W ранее второй половины 19 века, а те и другие - псевдоколебания (эффект N-S асимметрии, но не дополнительный физический процесс).

2. Ряд MCW при несущем периоде циклов $T_n \approx 22-23$ года модулируется колебанием с $T_m \approx 1000$ лет. Это объясняет отсутствие значимых периодов меньшей продолжительности в нч-части спектров анализируемых рядов MCW.

- [1] Музалевский Ю.С., Жуков Л.В. // Солнечные данные. Л.: Наука. №12. С. 77-84. 1969.
- [2] Rivin Yu.R. // Astronomical and Astrophysical Transactions. V.18. PP. 287-296. 1999.
- [3] Stuiver M., Pearson G.W., Braziunas T. // Radiocarbon. V.28. P.863. 1986.
- [4] Дергачев В.А. // Изв. РАН. Сер. Физическая. Т. 59. №7. С.53-62. 1995.

- [5] Ривин Ю.Р.// Сб. Современные проблемы солнечной активности. Труды конференции. ГАО РАН. Санкт-Петербург. С.390-393. 1997.

Правило Гневнышева-Оля и N-S асимметрия декадных вариаций солнечной активности

Ривин Ю.Р.

e-mail: ju_rivin@web.de

Анализ изменений среднегодовых значений чисел Вольфа W и магнитного цикла MCW (полученного по методу Андерсона из ряда W) показал:

1. Правило Гневнышева-Оля работает лишь на ограниченном интервале наблюдений [1-4] (хотя некоторые авторы имеют и другое мнение [5, 6]).
2. Его физической основой являются вековые вариации N-S асимметрии, которые создаются в конвективной зоне Солнца.
3. Предположено, что механизм генерации таких вариаций не связан с механизмом $\alpha\Omega$ -динамо, а обусловлен неоднородностями внутри самой конвективной зоны, которые обусловлены (возможно, частично) процессами неоднородного сгорания водорода в разных частях ядра.

- [1] Ривин Ю.Р.// Исследования по геомагнетизму, аэронауке и физике Солнца. М.: Наука. Вып. 56. С.88-94. 1981.
- [2] Ривин Ю.Р.// Сб. Солнце в эпоху смены знака магнитного поля. Труды конференции. Пулково. ГАО РАН. С.341-348. 2001.
- [3] Ривин Ю.Р.// Сб. Солнечная и солнечно-земная физика – 2013. Труды конференции. Пулково. ГАО РАН. С. 227-230. 2013.
- [4] Золотова Н.В., Понявин Д.И.//Сб. Солнечная и солнечно-земная физика – 2014. Труды конференции. Пулково. ГАО РАН. С. 157-160. 2014.
- [5] Наговицын Ю.А., Наговицина Е.Ю., Макарова В.В.// Письма в АЖ. Т.35. №8. С. 625-633. 2009.
- [6] Тлатов А.Г. //Солнечная и солнечно-земная физика – 2013. Труды конференции. Пулково. ГАО РАН. С. 257-260. 2013.

**Основная проблема современных анализов декадных
и вековых вариаций солнечной активности, а также
других процессов в солнечно-земной физике**

Ривин Ю.Р.

e-mail: ju_rivin@web.de

В настоящее время среди специалистов по изучению декадных и вековых изменений активности пятнообразования, всё больше растёт понимание, что основной цикл в рассматриваемом диапазоне периодов - квазигармонический процесс с периодом $T \approx 22$ года. Ранее, претендующий на это название цикл с $T \approx 11$ лет, получаемый по относительным числам Рудольфа Вольфа W , имеет сложную структуру из-за N-S асимметрии солнечной активности, а также в результате дополнительного детектирования биений магнитного цикла, усложняющего эту структуру. Такое детектирование происходит при замене квазигармонического процесса (учитывающего изменение полярности глобального и локальных магнитных полей) на знакопостоянный (полученный путем перехода на подсчет количества событий, т.е. на модуль исходного процесса). В результате детектирования в преобразованном ряду наблюдается вместо квазигармонического колебания импульсный процесс с несколько иной динамикой таких импульсов, характеризующей энергетику не исходного, а уже детектированного процесса. Такая замена частично искажает свойства, исходного процесса, затрудняет поиски реальных механизмов, лежащих в его основе.

Аналогичная ситуация наблюдается в анализах циклических декадных вариаций рядов, наиболее подверженных воздействию потоков солнечной плазмы и переносимых ею магнитных полей. Это, в первую очередь, галактические космические лучи и изотоп радиоуглерода ^{14}C , а также геомагнитная активность и полярные сияния. В значительной мере искажения свойств исходного физического процесса современными наблюдениями обусловлены методами измерений и соответствующим парком аппаратуры.

Физический механизм аномального прогрева солнечной хромосферы в эпоху минимума активности цикла

Романов К.В.

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

В эпоху минимума цикла солнечной активности аномальный прогрев солнечной хромосферы характеризуется высокой степенью однородности вдоль солнечной поверхности и устойчивостью структуры прогрева в течение длительного времени.

В настоящей работе исследуется физический механизм генерации устойчивого волнового потока на фотосферном уровне квазигармоническими колебаниями всплывающих крупномасштабных магнитных полей в верхних слоях конвективной зоны Солнца. Колебания магнитного поля генерируют поток слабых ударных волн, диссипация энергии которых обеспечивает аномальный прогрев солнечной хромосферы.

Изучаются физические особенности механизма генерации волнового потока, обеспечивающие устойчивость и однородность структуры аномального прогрева солнечной хромосферы в эпоху минимума активности цикла.

Пятна и активность звезд солнечного типа по наблюдениям с космическим телескопом Кеплер

Саванов И.С.¹, Дмитриенко Е.С.²

¹*Институт астрономии РАН, Москва, e-mail: isavanov@inasan.ru*

²*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Государственный астрономический институт имени П.К. Штернберга Москва, Россия, e-mail: issesd@rambler.ru*

Представлены результаты применения разработанной нами методики определения параметра запятненности A к данным о переменности блеска 34030 объектов по наблюдениям с космическим телескопом Кеплер и получена аппроксимация степенной функцией зависимости A от T эфф. В предположении о применимости эмпирического соотношения между параметром A и временем жизни пятна (соотношения Гневывшева – Вальдмейера) построена и рассмотрена зависимость времени жизни пятен для звезд с различными эффективными температурами, а по установленной для Солнца связи максимальной напряженности магнитного поля H с площадью пятен получены оценки H для изучаемых объектов. Обсуждается

применимость солнечных аналогий при анализе активности звезд различных спектральных классов и возможность подобию процессов, ответственных за проявления активности этих объектов.

Для звезд солнечного типа выполнены сопоставления найденных величин A с другими параметрами, характеризующими активность звезды. Как предельная ситуация, рассмотрены возможные проявления пятенной активности у горячих A звезд.

**Динамика энергетических спектров быстрых
электронов реконструированных на основе жесткого
рентгеновского излучения солнечных вспышек
19 декабря 2001 года и 11 июня 2003 года**

*Савченко М.И.¹, Ватагин П.В.¹, Лазутков В.П.¹,
Моторина Г.Г.^{1,2}, Скородумов Д.В.¹*

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

²ГАО РАН, Санкт-Петербург

Солнечные вспышки 19 декабря 2001 года (рентгеновского класса С4.9) и 11 июня 2003 года (рентгеновского класса X1.6) были зарегистрированы рентгеновским спектрометром ИРИС, установленном на станции «КОРОНАС-Ф»[1], в жестком рентгеновском излучении в 32-х энергетических каналах. Максимум излучения вспышки 19 декабря 2001 года приходится на 02:31 UT, длительность вспышки в жестком излучении около минуты. Вспышка 11 июня 2003 года началась в жестком рентгеновском диапазоне в 20:03. Обе вспышки имеют ярко выраженную импульсную структуру. В докладе представлены результаты реконструкции спектров жесткого рентгеновского излучения (ЖРИ) с учетом приборной функции рентгеновского спектрометра и реконструкция энергетических распределений быстрых электронов, генерирующих это излучение. Реконструкция спектров ЖРИ производится с помощью случайного поиска, а спектры электронов с помощью метода Тихонова для решения интегральных уравнений. Анализируется поведение энергетических спектров электронов на различных стадиях вспышек.

- [1] Г.А. Матвеев и др. В книге «Солнечно-земная физика. Результаты экспериментов на спутнике КОРОНАС-Ф» под редакцией д.ф.-м.н. В.Д. Кузнецова, Москва, Физматлит, 2009г., 488 с., Глава 14., стр. 366 – 400.

О ярком проявлении перигейно сизигийных приливов в атмосфере

Сидоренков Н.С.¹, Wilson I.R.G.²

¹Гидрометеорологический научно-исследовательский центр РФ

²The Liverpool Plains Daytime Astronomy Centre, Curlewis, NSW,
Australia

В 2016/17 году сглаженные аномалии температуры воздуха на Европейской территории России (ЕТР) повторяли ход перигейного расстояния (то есть расстояния между Луной и Землей в моменты перигея Луны), которое изменяется по синусоиде с периодом 206 суток. Проявление 206-и суточного цикла в погоде 2016/17 г стимулировало нас исследовать перигейно-сизигийные приливы в атмосфере, которые должны проявиться в колебаниях атмосферного давления, подобно перигейно-сизигийным колебаниям уровня моря. Мы нашли основную закономерность перигейно-сизигийных приливов: биения аномалий давления для новолуний и полнолуний с периодом 206 суток. Аномалии давления в полнолуния и новолуния можно аппроксимировать синусоидами с периодами огибающих биения около 412 суток и противоположными фазами. Размах колебаний в пучностях достигает 40 мб, что по порядку величины вполне сопоставимо с реальными синоптическими колебаниями атмосферного давления.

Причинная связь между климатическим индексом PDO и солнечной постоянной

Скакун А.А.^{1,2}, Волобуев Д.М.¹

¹Главная астрономическая обсерватория РАН, С.-Петербург,
e-mail: dmitry.volobuev@mail.ru

²Арктический и Антарктический НИИ, С.-Петербург,
e-mail: a_skakun@mail.ru

Связь между солнечными процессами и земным климатом давно волнует физиков и климатологов, в первую очередь из-за потребности в создании моделей земного климата, адекватно учитывающих влияние всех входных факторов. Мы рассматриваем вопрос влияния вариаций солнечной активности в терминах полного потока солнечного излучения Total Solar Irradiance (TSI) на изменения климата, выраженные в виде климатического индекса Pacific Decadal Oscillation (PDO). Наличие причинно-следственной связи между солнечной активностью и PDO оценивалось

с помощью трех различных методов: причинность по Грейнджеру, метод условных дисперсий и метод сжимающихся отображений. Эти методы основаны на предположении о наличии в рассматриваемых временных рядах авторегрессионной (Грейнджер) либо детерминированной хаотической компоненты и позволяют выявить однонаправленную связь. Для калибровки методов была рассмотрена упрощенная нелинейная модель типа уравнения Дуффинга, которая описывает динамические особенности PDO. В частности, использовались два модельных ряда – в случае добавления солнечного форсинга в виде ряда TSI и без него. Затем методы применялись для нахождения связи между полученными рядами и TSI. Таким образом были выявлены пределы применимости методов: они показали, что только метод условных дисперсий правильно показывает наличие причинной связи, а другие неприменимы в данном случае. Этот метод продемонстрировал наличие причинной связи между TSI и PDO, т.е. выяснилось, что солнечная активность влияет на вариации температур Тихого океана.

Наблюдения Солнца в миллиметровом радиодиапазоне на телескопе РТ-7,5 МГТУ им. Баумана в период солнечного минимума

Смирнова В.В.¹, Рыжов В.С.², Нагнибеда В.Г.³

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

² *Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Москва*

³ *НИАИ им. В.В. Соболева, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург*

Представлены новые результаты миллиметровых радионаблюдений Солнца на телескопе РТ-7,5 МГТУ им. Н.Э. Баумана, на частотах 93 и 140 ГГц. В период солнечного минимума, в отсутствии вспышечной активности, предложены новые методы наблюдений корональных дыр и областей со слабыми магнитными полями. Проведено сравнение миллиметровых наблюдений корональных дыр с данными в ультрафиолетовом диапазоне и в хромосферных линиях.

Steady 3D model of solar facular knot

Solov'ev A.A., Kirichek E.A.

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

Solar facular knots regarded as relatively stable and long-lived bright active formations with a diameter from 3 to 8 Mm and having a fine (about 1 Mm or less) magnetic filamentary structure with magnetic field strengths from 250 G to 1000 G are modeled. The stationary MHD problem is solved and analytical formulae are derived that allow one to calculate the pressure, density, temperature, and Alfven Mach number in the configuration under study from the corresponding magnetic field structure. The facular knot is introduced in a hydrostatic atmosphere defined by the Avrett & Loeser model (2008) and is surrounded by a weak (2G) external field corresponding to the global magnetic field intensity on the solar surface. The calculated temperature profiles of the facular node at the level of the photosphere have a characteristic shape where the temperature on the facular knot axis is lower than that in the surroundings but in the nearest vicinities of the axis and at the periphery of the knot, the gas is 200-100 K hotter than the surroundings. Here, on the level of photosphere, the model well describes not only the central darkening of the faculae (like Wilson depression, as in sunspots), but also ring, semi-ring and segmental facular brightening observed with New Swedish 1-m Telescope at high angular resolution (Lites et al., 2004; Berger et al., 2007). In the temperature minimum region ($z = 525$ km), the central dip in T-profile disappears, the temperature at the facular knot axis considerably exceeds the temperature of the ambient plasma, and the facular knot as a whole is here hotter than the chromosphere. At all heights of the chromosphere the temperature of the faculae is higher than surrounding environment at the same level. This difference is particularly significant at heights of 1.5 and 2.2 Mm, where the main contribution to gas pressure within the facular node makes a pressure of the external magnetic field, which at these heights is already comparable with the internal magnetic field of the facula and even begins to surpass it. Apparently, it is these layers of the facular flux tube at heights of more than 1Mm that form the bright phenomena which are designated by observers as flocculi.

Динамические режимы токонесущих волокон

Зайцев В.В.¹, Степанов А.В.², Мельников А.В.²

¹ *Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики РАН (ИПФ РАН), г. Нижний Новгород, e-mail: za130@appl.sci-nnov.ru*

² *Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН (ГАО РАН), г. Санкт-Петербург, e-mail: stepanov@gao.spb.ru*

Исследована активизация протуберанца, вызванная ростом электрического тока. Динамика протуберанца обусловлена действием силы Ампера, силы тяжести и силы торможения из-за вязкости среды. Показано, что если величина электрического тока, протекающего в волокне, возрастает, то направленная вверх сила Ампера, действующая на волокно, также увеличивается. Это приводит к подъему волокна и новое положение равновесия, соответствующее новому значению электрического тока, достигается в результате динамического процесса. Подъем волокна происходит со скоростью, типичной для протуберанцев, поэтому этот процесс можно рассматривать как активизацию протуберанца. Построена фазовая диаграмма активизации волокна, найдены максимальная высота и максимальная скорость подъема протуберанца. Причиной резкого увеличения электрического тока может быть магнитная неустойчивость Рэлея-Тейлора в хромосферных основаниях волокна.

Работа выполнена при частичной поддержке программы президиума РАН № 28 «Космос: исследование фундаментальных процессов и их взаимосвязей», грантов РФФИ № 16-12-10448 (разделы 1,2), № 16-12-10528 (раздел 3), гранта РФФИ № 17-02-00091а (раздел 4) и госконтракта (тема № 0035-2014-0029).

Физическая интерпретация наблюдаемых явлений в факельных образованиях

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

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

² *Санкт-Петербургский Государственный Университет
Аэрокосмического Приборостроения*

Исследованы факельные образования — уединённые мелкомасштабные магнитные структуры на солнечной фотосфере. На основе данных наблюдений магнитных полей и излучения в УФ линиях долгоживущих

факельных образований, полученных с космического аппарата SDO, исследованы длинные квазипериодические вариации с периодами в интервале 25-230 минут. Выявлены статистически значимые колебательные моды для каждого исследованного объекта. Найденные квазипериодические вариации факельных образований с периодами от одного до нескольких часов интерпретированы как колебания системы с переменной во времени жесткостью. Предложена аналитическая колебательная модель факельного образования как физической системы с изменяющейся во времени жесткостью. В соответствии с этой моделью коэффициенты значимых параметров выбираются таким образом, чтобы аналитические функции качественно описывали зарегистрированные колебания.

Солнечные протонные события в сентябре 2017 года

Струминский А.Б.¹, Григорьева И.Ю.²

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

² ГАО РАН, С.-Петербург, e-mail: irina.2014.irina@mail.ru

Завершается 24-ый цикл солнечной активности, по-видимому, его последние мощные протонные события произошли 4, 6 и 10 сентября 2017 года. Представления о протонных событиях, произошедших в этот период изложены в работе [1]. Наибольший интерес вызвало событие 10 сентября 2017 г., сопровождавшееся наземным возрастанием интенсивности КЛ (GLE), в работах [1]-[4] получены интересные и противоречащие друг другу результаты. Спор о роли вспышек и корональных выбросов массы в ускорении солнечных протонов продолжается (см. обзор [5]).

Время первого прихода солнечных электронов и протонов на Землю важно для определения момента и места их ускорения на Солнце, соотношение между числом ускоренных протонов и электронов является значимой характеристикой солнечного ускорителя [6]. Сравнивается жесткое рентгеновское излучение (HXR) солнечных вспышек M5.5 4-го, X2.2 и X9.3 6-го и X8.2 10 сентября 2017 г. – возможных источников солнечных протонов и электронов в межпланетном пространстве. Рассматривается время первого прихода релятивистских электронов (SOHO EPHIN) и протонов (ACS SPI) к Земле. Временные профили HXR и интенсивности солнечных протонов и электронов сравниваются относительно выбранного нулевого момента времени – начала излучения на 15.4 ГГц. Детектор ACS SPI используется как детектор релятивистских протонов [7].

Только после вспышек X2.2 и X9.3 6-го сентября были зарегистрированы электроны, ускоренные в импульсной (первой фазе) солнечных вспышек практически без протонов. Детектор ACS SPI зарегистрировал

протоны от вспышек M5.5 4 сентября, X9.3 6 сентября и X8.2 10 сентября 2017 г. одновременно с электронами, которые, по всей видимости, были ускорены вместе с ними во второй фазе солнечных вспышек.

- [1] Chertok I. // Res. Notes of the American Astronomical Society, 2018, v. 2(1), id. 20.
- [2] Kurt V., Belov A., Kudela K., et al. // Contrib. Astron. Obs. Skalnat'e Pleso, 2018, v. 35. p. 1.
- [3] Zhao M. X.; Le G. M., Chi Yu. T. // Res. Astron. Astrophys., 2018, v. 18, p. 074.
- [4] Gopalswamy N., Yashiro S., Makela P., et al. // 2018, eprint arXiv:1807.09906.
- [5] Мирошниченко Л.И. // УФН, 2018, т. 188, с. 345.
- [6] Ramaty R., Colgate S. A., Dulk G. A., et al. // Chapter 4 in the proc. of the 2nd SKYLAB Workshop on Solar Flares Ed. P.A. Sturrock, 1978, p. 117.
- [7] Struminsky A. and Zimovets I. // 21st ECRS, Slovak Academy of Sciences, 2009, p. 237.

Изучение магнитных полей и термодинамических условий в фотосфере и хромосфере солнечной вспышки X17.2/4B 28 октября 2003 года

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

¹ *Крымская астрофизическая обсерватория РАН, Научный, Крым*

² *Астрономическая обсерватория Киевского университета*

Исследуются процессы в солнечной вспышке X17.2/4B 28 октября 2003 года по данным спектральных наблюдений, полученных вАО КНУ для определения магнитных полей и термодинамических условий фотосфере и хромосфере в области слоев солнечной вспышки . По наблюдаемым профилям нескольких фотосферных линий определены величины магнитного поля в области вспышки. Определена неоднородная структура вспышки, состоящая из отдельных элементов с различной температурой, плотностью и магнитным полем. Определение сделано на основании сравнения наблюдаемых и вычисленных профилей линий. Профили фотосферных линий выбраны с различной магнитной чувствительностью, так что фактор

Ланде имеет значения от -0.012 до 2.99. Из сравнения вычисленных по моделям и наблюдаемых ширин линий, найдены величины магнитного поля в отдельных элементах вспышечной структуры.

Роль магнитных полей в реализации солнечно-земных связей в физико-химических системах

Барановский Э.А.¹, Таращук В.П.¹, Владимирский Б.М.²

¹*Крымская астрофизическая обсерватория РАН, Научный, Крым*

²*Таврический Ун-т им. В.И. Вернадского*

По данным 22-летней регистрации динамического индекса кристаллизации (DI) колбы Фицроя (штормгласса) – достаточно простой физико-химической системы- изучается влияние магнитных полей (солнечных, межпланетных, геофизических) в реализации солнечно-земных связей. Обнаружено, что изменение DI имеет различный ход при пересечении границ секторов Межпланетного магнитного поля противоположным образом. При смене знака, "+" DI растет, достигая максимума примерно за 2 дня до прохождения границы. Обратная ситуация наблюдается при смене знака "+,-" когда перед прохождением границы наблюдается минимум DI. Найдено, что DI в годовом ходе следует за изменениями модуля межпланетного поля, что указывает на контроль со стороны магнитосферы, и модифицируется при смене знака гелиошироты Земли. При этом видна четкая картина зависимости от фазы солнечной активности, когда корреляция DI с модулем ММП сменяется антикорреляцией. Эффект влияния смены знака ММП обнаружен во многих других системах, в биологических и медицинских явлениях. Конкретным действующим агентом являются электромагнитные излучения магнитосферы Эти излучения фильтруются ионосферой. Они сильно зависят от режима обтекания магнитосферы солнечным ветром. Общий вывод состоит в том, что ММП играет в реализации солнечно-земных связей более важную роль, чем это до сих пор предполагалось.

Полярные циклы активности по данным наблюдения в линии КCaII в период 1907-2017 гг.

Тлатов А.Г.^{1,2}, Тлатова К.А.¹

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

²КалмГУ, Элиста

Выполнен анализ активности Солнца на различных широтах по данным ежедневных наблюдений обсерваторий Кодайканал, Маунт Вилсон, Сакраменто Пик и Медон в линии КCaII. Выделены элементы активности различного размера от элементов хромосферной сетки до флоккул. Создана объединенная база данных результатов наблюдений, в которой представлена информация об активности Солнца в период 1905–2018 гг. Помимо низкоширотной активности, которая сопровождает появление солнечных пятен, на ежедневных изображениях в линии КCaII выделены яркие элементы на средних и высоких широтах. Активность можно представить в виде единого процесса, начинающегося на высоких широтах на фазе спада предыдущего цикла активности и продолжающегося на низких широтах в виде активности солнечных пятен. Для циклов 14-24 изучена картина дрейфа активности, которая больше соответствует гипотезе расширенного ("extended") солнечного цикла, чем представлениям о двух волнах активности от средних широт к полюсам и экватору, получаемая из обработки факелов в "белом" свете.

История Кисловодской Горной станции ГАО РАН

Тлатов А.Г.

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

Кисловодская Горная астрономическая станция ГАО РАН была основана в 1948 году. Моментом начала наблюдения на ГАС, считается октябрь 1948 года, когда начались регулярные наблюдения солнечной фотосферы и обработка солнечных пятен. Первые наблюдения солнечной спектральной короны начались в 1952 году, а с 1957 года принята система наблюдений и калибровки, которая применяется и настоящее время. Также с 1957 году ведутся регулярные наблюдения солнечных протуберанцев в линии H-альфа, и наблюдения флоккул в линии Ca (первоначально H а затем в линии K). С 1963 года ведутся регулярные наблюдения в сантиметровом диапазоне.

В настоящее время на станции ведутся наблюдения солнечных пятен, волокон и протуберанцев, хромосферной активности в линии КCaII, спектральной солнечной короны в линиях 5303 и 6374А, наблюдения Солнца в радиодиапазоне на волнах 3 и 5 см, вариаций магнитного поля Земли, наблюдения крупномасштабного магнитного поля на магнитографе СТОП, наблюдения и регистрация солнечных вспышек и детектирование корональных выбросов массы на патрульных телескопах-спектрогелиографах в линиях H-альфа и КCaII.

Рассмотрены основные научные результаты, полученные сотрудниками станции, научные задачи и перспективы развития.

Влияние реликтового магнитного поля на свойства солнечных биполей

Тлатова К.А.¹, Тлатов А.Г.^{1,2}

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

²*КалмГУ, Элиста*

На основе выполненной оцифровки зарисовок солнечных пятен обсерватории Маунт-Вилсон, исследована широтная зависимость углов наклона активных областей и ее изменение с солнечным циклом. Зарисовки с полярностью и силой магнитного поля в солнечных пятнах, охватывают период с 1917 года по настоящее время. Нами были идентифицированы биполярные группы и их углы наклона внутри каждой активной области. Обнаружено, что широтный профиль наклонов монотонно не увеличивается с широтой, но показывает явный максимум в средних широтах.

Также обнаружено, что широтная зависимость углов наклона варьируется от одного солнечного цикла к другому, но большие наклоны, по-видимому, не приводят к более сильным солнечным циклам. Наконец, мы обнаруживаем наличие систематического смещения (ненулевые наклоны вблизи экватора) в наклоне активных областей, причем нечетные циклы показывают отрицательные смещения и четные циклы, показывают положительное смещение.

Мы рассматриваем гипотетическое реликтовое поле, которое может оказывать влияние на свойства биполей и приводить к различию в четных и нечетных циклах.

Дрейф полярных протуберанцев в 14–24 циклах активности

Тлатова К.А.¹, Васильева В.В.¹, Тлатов А.Г.^{1,2}

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

²КалмГУ, Элиста

Выполнена оцифровка солнечных протуберанцев за период 1907-1960 гг. на фотопластинках в линии CaIIК обсерватории Кодайканал (Индия). Эти данные дополнены данными ежедневных наблюдений протуберанцев Кисловодска (1957-2017), данными оцифровки зарисовок протуберанцев сетью спектрогелиоскопов (1922-1934) и протуберанцев на синоптических картах (1887-1898; 1904-1915).

Выполнен сравнительный анализ скорости дрейфа высокоширотных протуберанцев к полюсам в циклах активности. Установлена связь между скоростью дрейфа и мощностью цикла активности.

Выполнен анализ распределения высот протуберанцев. Максимум распределения высот приходится на значения около 30 Мм. Также присутствует второй максимум для высоты 60 Мм.

О наклоне оси магнитного поля солнечных пятен по наблюдениям на микроволнах

Топчило Н.А.¹, Петерова Н.Г.²

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

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

Предложен новый метод измерения наклона оси магнитного поля (МП) солнечного пятна, понимаемого как отклонение от вертикали силовых линий, выходящих в корону из центра тени пятна. Метод основан на отличительной особенности циклотронного механизма излучения – сильном подавлении излучения вдоль направления МП, и заключается в анализе особенностей динамики изображения источника микроволнового излучения над пятном в зависимости от угла зрения при изменении гелиографической долготы пятна.

Особенности метода и результаты его применения к конкретным наблюдениям иллюстрируются на примере правильного стабильного головного пятна активной области NOAA 11899, проходившего близко от центра Солнца в период 17-20.11.2013. По наблюдениям на радиогелиографе Нобейма найдено, что на волне 1.76 см угол наклона МП в e-моду составлял

$\sim 10^\circ$, в о-моду 5.7° , а МП наклонено к востоку, к хвостовой части активной области. Эти результаты свидетельствуют об увеличении наклона МП с высотой, так как для стандартной атмосферы над пятном е-моды излучается с больших высот чем о-мода. Подобный эффект отчетливо прослеживается в наблюдениях на радиотелескопе РАТАН-600, благодаря высокому частотному разрешению которого совокупность записей на разных волнах наглядно демонстрирует, что в см диапазоне (1.65–10 см) наклон МП пятна непрерывно возрастает при переходе к более длинным волнам.

Обзор литературы показывает, что полученный результат качественно хорошо согласуется с результатами оптических исследований. В целом, наблюдательный материал по этой проблеме остается недостаточным — число случаев исчисляется единицами. Достоинством предлагаемого нами метода является то, что на микроволнах наклон оси МП определяется для более высоких уровней атмосферы Солнца (до 10 тыс. км) по сравнению с оптическими наблюдениями. Это дает возможность проверять насколько обоснованы модельные МП, используемые при диагностике физических параметров солнечной плазмы в переходной области — от хромосферы до короны.

Ритмы палеоклимата Земли в структуре окаменевших слоистых отложений палеопротерозоя (~2 млрд. лет тому назад) и современные циклы солнечной активности

***Тясто М.И.¹, Дергачев В.А.², Дмитриев П.Б.²,
Благовещенская Е.Э.¹***

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

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

Слоистые аргиллиты — твердые камнеподобные породы, сформировавшиеся в результате уплотнения ленточных глин, представляют собой отложения приледниковых озёр, состоящие из многократно повторяющихся ежегодных отложений тонких слоев ледниковой мути, которая содержит в основном тонкозернистый песчаный материал летом и глинистый зимой. По толщине таких годичных отложений величиной от долей миллиметра до нескольких сантиметров можно судить об интенсивности таяния ледника, а тем самым и об изменении климата в то далекое доисторическое время.

Поэтому для изучения изменения климата в палеопротерозойском периоде (~ 2 млрд. лет тому назад) в настоящей работе проведено исследование палеоданных толщины слоев отложений аргиллита формации Gowganda, расположенной в долине реки Миссиссаги на юге канадской провинции Онтарио, которые охватывают временной интервал длительностью в 256 лет с временным разрешением один год [1].

В исходных данных при помощи метода построения комбинированной спектральной периодограммы были обнаружены следующие квазипериодические изменения: 3, 5, 11, 14, 29 и 75 лет (на уровне значимости оценки значений их амплитуд от 2σ до 4σ), что может говорить о возможном влиянии солнечной активности на изменения климата той далекой эпохи.

- [1] Hughes G.B., Giegengack R., Kritikos H.N. Modern spectral climate patterns in rhythmically deposited argillites of the Gowganda Formation (Early Proterozoic), southern Ontario, Canada // Earth and Planetary Science Letters, 2003, V.207, Issue 1-4, PP.13-22.

Рассеяние нетепловых электронов и генерация турбулентности вистлеров во вспышечной петле

Филатов Л.В.¹, Мельников В.Ф.²

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

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

Исследовано взаимное влияние турбулентности вистлеров и нетепловых электронов в нестационарной вспышечной петле. Рассмотрена модель вспышечной петли в виде магнитной ловушки, образованной неоднородным по высоте магнитным полем. Нестационарность обусловлена кратковременной импульсной инжекцией быстрых (нетепловых) электронов из области вспышечного энерговыведения. Ранее процессы взаимодействия вистлеров и нетепловых электронов достаточно полно исследованы для локально-однородных и стационарных ловушек. Необходимость исследования таких взаимодействий в моделях неоднородных и нестационарных протяженных ловушек возникла в связи с появлением возможности наблюдений вспышек с высоким пространственно-временным и спектральным разрешением. В настоящей работе в рамках квазилинейной теории

используется приближение Фоккера-Планка для расчета динамики пространственного, pitch-углового и энергетического распределений нетепловых электронов с энергиями от 30кэВ до 10мэВ и приближение геометрической оптики для вистлеров. В такой согласованной постановке рассматривается не только влияние турбулентности на динамику распределений электронов, но и влияние быстрых электронов на турбулентность вистлеров. Отработан численный метод решения системы нестационарных одномерных уравнений теории. Анализируются процессы ускорения и высыпания электронов из ловушки, процессы их изотропизации и локализации, а также динамики наклона их энергетического спектра в зависимости от параметров инжекции электронов и турбулентности в ловушке.

Оценка интегральной солнечной активности по данным РЛС метрового диапазона

Филиппов М.Ю.¹, Абунин А.А.², Ходамаев Н.А.³

¹АО РТИ, Москва, e-mail: mfilippov@rti-mints.ru

²ИЗМИРАН, Москва, e-mail: abunin@izmiran.ru

³АО РТИ, Москва, e-mail: nkhodataev@rti-mints.ru

В рамках задачи гелиогеофизического обеспечения радиолокационных станций метрового диапазона (РЛС-м), в условиях выполнения требования информационной изоляции, обусловленной важностью решаемых задач, а также повышающихся требований по точности определения координатной информации в рамках основной задачи РЛС-м, становится актуальной задача независимого определения параметров солнечно-земной физики средствами РЛС-м. Одним из управляющих параметров базовой модели ионосферы, в основном определяющей ошибки координат РЛС-м, является индекс интегральной солнечной активности F10.7, прогнозируемый на несколько лет вперед на основе циклических процессов Солнца. В результате проведенного анализа показана существенная корреляция между рядами определяемой на РЛС мощности активной помехи Солнца (МАПС) и текущего значения F10.7, получены соотношения для практического применения.

Системы электрических токов в активных областях различной конфигурации и вспышечной активности

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

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

Исследована структура магнитных полей и вертикальных электрических токов в четырех активных областях (АО) текущего цикла солнечной активности – NOAA 12494, 12381, 12192 и 12158. По картам распределения азимутов горизонтальной составляющей непотенциальной компоненты магнитного поля выявлено наличие в исследуемых областях распределенных по площади крупномасштабных электрических токов, замкнутых в пределах АО – глобальных электрических токов. Получены профили временных изменений величины глобального тока (I_{glob}) и средней величины квадрата плотности полного тока ($\langle j^2 \rangle$) в каждой из исследуемых АО за временной интервал 72-96 часов при нахождении области в пределах $\pm 35^\circ$ от центрального меридиана. Показано, что изменения средней величины квадрата плотности полного тока незначительны вне зависимости от уровня вспышечной активности группы, в то время как величина глобального тока подвержена значительным колебаниям в областях с высоким уровнем активности и мало меняется со временем в областях с низким вспышечным индексом. Этот результат указывает на то, что глобальный электрический ток является важным фактором, опережающим вспышечную продуктивность АО, и является одним из механизмов выноса "свободной" магнитной энергии в верхние слои атмосферы Солнца.

Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда (РНФ) №18-12-00131.

**«Точки поворота» и волновой перенос энергии
альвеновскими возмущениями в атмосфере Солнца**

Цап Ю.Т.^{1,3}, Ханейчук О.В.², Копылова Ю.Г.³

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

²Физико-технический институт КФУ им. В.И. Вернадского, Симферополь, Крым, e-mail: alhan65@gmail.com

³Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория Российской академии наук, С.-Петербург, e-mail: yulia00@mail.ru

На основе осцилляционной теоремы рассмотрено распространение альвеновских волн в стратифицированной изотермической атмосфере Солнца. Проведен анализ метода расчета "точек поворота", которые характеризуют эффективность переноса волновой энергии из фотосферы в корону и следуют из сопоставления уравнений Кляйна-Гордона и Эйлера. [1]. Показано, что "точки поворота" определяют необходимое, но не достаточное условие существования осциллирующих и неосциллирующих решений волнового уравнения. Исследована зависимость групповой скорости альвеновских возмущений от периода и неоднородности атмосферы. В свете полученных результатов обсуждается проблема генерации волн и их вклад в нагрев солнечной короны.

[1] Musielak Z.E., Moore R.L.// Astrophys. J., 1995, 452, 434.

**Влияние экранирующих токов на МГД устойчивость
магнитных жгутов в короне Солнца**

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

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

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

На основе энергетического метода применительно к солнечным корональным условиям рассматривается магнитогидродинамическая (МГД) устойчивость изолированных (азимутальное поле во внешней области равно нулю) магнитных жгутов с объемным продольным и компенсирующим поверхностным электрическими токами. Показано, что в приближении

резкой границы "плазма-плазма" экранирующий ток способствует стабилизации жгута по отношению к произвольным МГД возмущениям. В случае несжимаемой плазмы он полностью стабилизирует развитие винтовой неустойчивости. Азимутальное магнитное поле скрученных петель может превосходить продольное вследствие определяющего вклада экранирующих токов в МГД устойчивость токовых корональных образований.

Сравнение визуальных измерений магнитных полей пятен в Крыму и на Маунт-Вилсон

Цап Ю.Т.^{1,2}, Лозицкая Н.И.³, Перебейнос В.А.¹,
Борисенко А.В.¹, Штерцер Н.И.¹

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

² Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория Российской академии наук, С.-Петербург, e-mail: yulia00@mail.ru

³ Астрономическая обсерватория Киевского национального университета им. Т.Г. Шевченко, e-mail: nloz@observ.univ.kiev.ua

За период с 2010 по 2017 гг. проведено сравнение визуальных измерений магнитных полей пятен в Крымской астрофизической обсерватории и обсерватории Маунт-Вилсон, полученных по данным зеемановского расщепления в линиях железа FeI 6302 и 5250 Å соответственно. Сформирован ряд из 1250 пар соответствующих пятен с магнитными полями, превышающими 2500 Гс по наблюдениям в КрАО. Показано, что измеренные значения магнитного поля пятен в обсерватории Маунт-Вилсон систематически занижены, и недооценка может достигать 1000 Гс. Сделан вывод в пользу необходимости замены плоско-параллельной пластинки перед щелью спектрографа солнечного телескопа в обсерватории Маунт-Вилсон с целью более точного сведения сигма-компонент зеемановского расщепления для больших пятен, а также построения новой калибровочной кривой "угол поворота-величина магнитного поля".

**Моделирование процессов распространения пучков
электронов с тонкой временной структурой в плазме
вспышечной петли**

Чариков Ю.Е.¹, Шабалин А.Н.¹, Овчинникова Е.П.¹

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

Регистрация тонкой временной структуры жесткого рентгеновского излучения во время солнечных вспышек на спутниках SMM, YОНKОН, BATSE, КОРОНАС, RHESSI свидетельствует о подобной структуре ускоренных электронов, о процессе их распространения в плазме вспышечных петель и параметрах плазмы и пучка. Не рассматривая возможный механизм ускорения электронов, мы полагаем, что в момент инжекции временная часть функции распределения электронов представляет ряд импульсов с длительностью сотни мс, непрерывно следующих друг за другом. На основе кинетического уравнения Фоккера – Планка исследуется динамика подобного пучка в плазме с заданным распределением магнитного поля и концентрацией частиц. Рассмотрены различные модели пучка и плазмы, рассчитаны поток и поляризация жесткого рентгеновского излучения. Основное внимание обращается на возможность генерации тонкой временной структуры излучения в различных областях магнитной петли (основания, вершина). В предположении инжекции ускоренных электронов в вершине петли с малой концентрацией плазмы жесткое рентгеновское излучение с субсекундной временной структурой возникает только при распространении ускоренных электронов вдоль магнитного поля в плазме, концентрация которой достаточно высока (10^{13} см⁻³ и более). Такое условие ограничивает выбор модели пучка и плазмы. Для обеспечения величины потока и тонкой временной структуры рентгеновского излучения пичч-угловое распределение электронов в момент инжекции должно быть существенно анизотропным ($\cos^{12} \alpha$), а магнитное поле с малым отношением $B_{max}/B_0 \sim 2$. Согласно кинетическим расчетам наличие временных структур длительностью < 1 с в области вершины петли носят шумовой характер.

Новые аспекты теории тонкой структуры солнечного радиоизлучения

Чернов Г.П., Фомичев В.В.

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

В литературе продолжается дискуссия о природе зебра-структуры (ЗС) в радиовсплесках IV типа, и даже самый распространенный механизм на двойном плазменном резонансе подвергается совершенствованию в целой серии работ. Более того, в недавней работе (Benacek, Karlicky, Yasnov, 2016, A&A) была показана его неэффективность в обычно принимаемых условиях в радиоисточнике. При этом в ряде работ мы показали возможности модели с вистлерами объяснить многие тонкие эффекты полос ЗС с учетом эффектов рассеяния вистлеров на быстрых частицах. Такая ситуация стимулирует поиск новых механизмов. Например, ранее мы показали важность взрывной неустойчивости, по крайней мере, для крупных вспышек с выбросами протонов. В системе слабо релятивистский пучок протонов — неизотермичная плазма медленная пучковая мода пространственного заряда обладает отрицательной энергией, и в триплете медленная и быстрая пучковые моды и ионно-звуковая волна возбуждается взрывной каскад гармоник ионного звука. Электромагнитная волна в виде полос ЗС возникает в результате рассеяния быстрых протонов на этих гармониках. Взрывная неустойчивость сильно зависит от начальных условий в источнике. Ранее мы предлагали механизм возбуждения гармоник ленгмюровской частоты электронами в результате развития взрывной неустойчивости в системе слабoreлятивистский поток протонов — плазма во фронте ударной волны. Тем самым, появилась альтернативное объяснение иногда наблюдающейся сильной третьей гармоники во всплесках II типа. Однако во фронте вероятнее ожидать систему взаимопроникающих потоков протонов и электронов. Поэтому сейчас мы рассматриваем в этой системе альтернативную взрывную неустойчивость гармоник ленгмюровской частоты. В этом случае медленная пучковая мода обладает отрицательной энергией, а быстрая и ионно-звуковая мода положительной, что и создает условие для взрывной неустойчивости. Возбуждение ленгмюровских гармоник в этом случае оказывается не менее эффективным.

Модель распространения ускоренных электронов для
вспышечной аркады события 23 сентября 2014 г
с учетом данных наблюдений RHESSI, SDO, Nobeyama
Radioheliograph

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

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

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

Анализируются спектры и пространственное распределение рентгеновского (RHESSI) и радио (Nobeyama Radioheliograph) излучений во время солнечной вспышки 23 сентября 2014 в 23:11UT, GOES- класс M2.5. По данным HMI/SDO восстановлена структура магнитного поля, представляющая собой аркаду из магнитных петель различной высоты. Пространственная и временная эволюция источников рентгеновского и радио излучений в северной части аркады может быть объяснена при наличии развитой турбулентности во время главного пика жесткого рентгеновского излучения. На основе численного моделирования процессов инжекции и распространения ускоренных электронов в плазме вспышечной магнитной петли получены ограничения на параметры функции источника ускоренных электронов такие как: питч-угловая, энергетическая, временная зависимости, пространственная локализация. Рассчитанные параметры излучения соответствуют наблюдаемым, если для северной области аркады энергетический спектр пучка электронов представить двух степенной функцией с показателями $\delta_1 \sim 4.5$, $\delta_2 \sim 2.4$, и энергией излома спектра $E_{br} \sim 300$ кэВ. Питч-угловое распределение ускоренных электронов при этом представляет собой направленный поток из вершины в область южного основания сильно асимметричной магнитной петли.

**Спектральные наблюдения солнечной радиации
в диапазоне NUV 297–330nm на стадии роста
24-го цикла солнечной активности (Антарктида)**

**Шаповалов С.Н., Трошичев О.А., Поважный В.И.,
Москвин И.В., Бакаленко Б.И., Соколов В.Т.**

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

Солнечно-атмосферные связи могут усиливаться частотно-временными характеристиками гелиофизических факторов, противоположных ходу солнечной активности (СА). Одним из установленных факторов является участок спектральной солнечной светимости NUV 297–330nm, изменения которого по данным спектральных наблюдений на ст.Новолазаревская (Антарктида) в 24-ом цикле СА противоположны ходу общей солнечной светимости (Total Solar Irradiance). В процессе этих наблюдений по данным измерений в сезоны полярного лета выявлены вариации ~26–28 сут, коррелирующие с вращением комплексов активности на кэррингтоновской шкале. Обнаружилось, что околосекулярные вариации NUV 297–330nm имеют хорошее фазовое соответствие с вариациями протонов солнечных космических лучей $1\text{MeV} > E_p > 100\text{MeV}$.

Представляют интерес результаты наблюдений NUV 297–330 nm в периоды незаходящего Солнца на ст.Новолазаревская (декабрь), когда спектральные измерения выполняются круглосуточно в автоматическом режиме (AvaSpec-2048) и существует возможность изучения временного диапазона флуктуаций. В результате анализа данных за периоды незаходящего Солнца установлен диапазон колебаний светимости, характеризующийся гармониками 3–10 мин, 20–30 мин, 40–60 мин. В периодограммах светимости отмечается устойчивость гармоник к стадии роста 24-го цикла, что свидетельствует о роли солнечных осцилляций (*p-modes*) в колебаниях NUV.

Дальнейшие исследования светимости NUV связаны с изучением когерентности светимости NUV 297–380nm с флуктуациями показателей метеорологических полей в атмосфере Арктики и Антарктики в 25-ом цикле СА.

**Исследование чувствительности биомаркеров человека
к воздействию космогеофизических факторов
в процессе профессиональной деятельности в Арктике**

***Шаповалов С.Н., Соколов В.Т., Бакаленко Б.И.,
Москвин И.В., Калишин А.С., Трошичев О.А.***

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

Развитие исследований по влиянию метеорологических и космогеофизических факторов на состояние организма человека затруднено проблемой поиска биомаркера. К числу показателей *in vivo*, способных реагировать на внешние факторы, в т.ч. на световой режим, относится мелатонин (гормон эпифиза), выполняющий важные функции в деятельности центральной нервной системы (ЦНС). К сожалению, анализ мелатонина в организме человека является трудоемким и дорогостоящим методом. Однако, результаты исследований авторов [1] показали, что мелатонин активно участвует в регуляции внутриглазного давления (IYP). Учитывая выводы в данных исследованиях, а также роль мелатонина в эндокринной и иммунной системе, измерения IYP, как биомаркера ЦНС, были апробированы в 2017 г. на НИС «ЛБ» Мыс Баранова» (Северная Земля) при выполнении Программы медико-геофизических наблюдений (МГН). Цель выполнения МГН в высоких широтах Арктики состоит в изучении чувствительности IYP, пульса (PS), систолического (Ps) и диастолического (Pd) давления у здорового человека к сезонам незаходящего и невосходящего Солнца, а также моментам астрономических, геофизических и метеорологических явлений.

В результате анализа данных наблюдений, проводившихся с 20.01.2017 г. по 18.04.2017 г. в интервале времени с 13.00 до 14.00, получены следующие результаты:

- средние значения показателей биомаркеров у здорового сотрудника НИС в возрасте 35 лет составили: IYP ~ 14 мм.рт.ст., Ps ~ 125 мм.рт.ст., Pd ~ 78 мм.рт.ст., PS ~ 75 уд./мин (всего 686 измерений);
- в стандартных отклонениях показателей биомаркеров (SD) выявлены вариации 8–12 мин. Максимальная амплитуда вариаций отмечается в распределении значений Ps(SD). Данный максимум имеет «кульминационную» свойственность, т.к. соответствует времени прохождения Солнца через небесный меридиан (кульминацию). Оценка связи Ps(SD) с колебаниями атмосферного давления – hPa(SD) составляет $r \sim 0.8$;
- анализ связи IYP с изменениями Ps, Pd и PS показал отсутствие значимой корреляции ($r \sim 0.2$), в т.ч. с колебаниями атмосферного давления, что характеризует IYP как биомаркер, независимый от воздействия физических факторов атмосферы.

Обнаруженный эффект «кульминации Ps» представляет отдельный предмет исследования реакции биомаркеров на положение Солнца на небесной сфере в течение суток (суточное вращение) и на протяжении года (склонение Солнца).

[1] Dkhissi O. et al, 1998

**Исследование динамики ускоренных электронов и
нагрева плазмы в окрестности нейтральной линии
магнитного поля во время солнечной вспышки
M1.2 класса 15 марта 2015 г.**

**Шарыкин И.Н.¹, Зимовец И.В.¹, Мешалкина Н.С.²,
Мышьяков И.И.²**

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

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

Рассматривается солнечная вспышка M1.2 класса, произошедшая 15 марта 2015 г., сопровождавшаяся ускорением электронов и нагревом плазмы в закрученной магнитной структуре вдоль нейтральной линии (НЛ) магнитного поля. Цель работы состоит в исследовании динамики характеристик ускоренных электронов и нагрева плазмы в магнитных петлях, взаимодействующих вблизи НЛ, на основе данных наблюдений рентгеновского, микроволнового, ультрафиолетового и оптического излучения. Показано, что наиболее вероятным сценарием вспышечного энерговыделения вблизи НЛ является магнитное пересоединение по типу “tether-cutting”, в результате взаимодействия низколежащих (менее 3 Мм над фотосферой) магнитных петель с большим широм. Ускоренные электроны с наиболее жестким спектром появились в момент нагрева плазмы до сверхгорячей температуры 40 МК. Эти электроны локализованы в тонком магнитном канале шириной около 0.5 Мм с большим средним значением магнитного поля около 1200 Гс и вытянутым вдоль НЛ на 12 Мм. Оцененная плотность ускоренных электронов составляет около 10^9 см^{-3} , что намного меньше плотности сверхгорячей плазмы. Плотность потока энергии нетепловых электронов оценивается вплоть до $3 \times 10^{12} \text{ эрг см}^{-2} \text{ с}^{-1}$,

что намного больше значений, рассматриваемых в современных численных моделях радиационной газовой динамики вспышечной плазмы. Результаты показывают необходимость разработки самосогласованных моделей вспышек, воспроизводящих трехмерное магнитное пересоединение вблизи НЛ с сильным магнитным полем, пространственную филаментацию энерговыделения, формирование популяций нетепловых электронов с высокой плотностью энергии и появление сверхгорячей плазмы.

**Фотосферные возмущения и гелиосейсмические волны
в солнечной вспышке X9.3 класса, произошедшей
6 сентября 2017 года**

Шарыкин И.Н.¹, Косовичев А.Г.²

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

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

Дается краткий обзор гелиосейсмической активности (солнцетрясений) солнечных вспышек, наблюдавшихся в активной области NOAA 12673 в период времени 4-8 сентября 2017 г. В докладе детально рассматривается наиболее мощная солнечная вспышка X9.3 класса, произошедшая 6 сентября 2017 г. в 12:53 UT. Во время данного события наблюдались множественные источники свечения и гелиосейсмических волн на уровне фотосферы. Используя данные Helioseismic and Magnetic Imager (HMI) на борту космического аппарата SDO, а также временные профили жесткого рентгеновского излучения с использованием данных KONUS/WIND и антисовпадатальной защиты (ACS) INTEGRAL мы идентифицировали источники гелиосейсмических волн, исследовали пространственно-временную динамику источников фотосферных возмущений и сравнили её с временными профилями жесткого рентгеновского излучения. Показано, что фотосферные возмущения начинают развиваться в компактных областях в непосредственной близости от нейтральной линии (НЛ) магнитного поля в предимпульсной фазе до момента регистрации жесткого рентгеновского излучения. Начальные фотосферные возмущения локализованы в области сильного горизонтального магнитного поля и, вероятно, ассоциированы с магнитной структурой, вытянутой вдоль НЛ. Карты мощности акустической эмиссии выявили две основные области генерации гелиосейсмических волн, которые были связаны с местами наиболее сильных фотосферных возмущений в предимпульсной и ранней импульсной фазе. Анализ фильтрограмм HMI с высоким временным разрешением показывает, что энерговыделение вспышки развивалось в виде последовательного вовлечения магнитных структур вдоль НЛ.

Анализ перестройки магнитного поля АО 12297 во время солнечной вспышки M1.2 класса 15 марта 2015 г.

**Шарыкин И.Н.¹, Зимовец И.В.¹, Анфиногентов С.А.²,
Мышьяков И.И.²**

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

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

В работе рассматривается солнечная вспышка M1.2 класса, произошедшая 15 марта 2015 г., сопровождавшаяся ускорением электронов и нагревом плазмы в закрученной магнитной структуре вдоль нейтральной линии (НЛ) магнитного поля. Цель работы состоит в исследовании динамики магнитного поля в импульсной фазе вспышки вблизи НЛ и места высыпания ускоренных электронов в плотные слои солнечной атмосферы. В работе используются векторные магнитограммы HMI/SDO со скважностью 135 с, которые позволяют произвести анализ динамики магнитного поля на временных масштабах импульсной фазы. Показано, что в процессе развития вспышечного энерговыделения произошло усиление горизонтальной компоненты магнитного поля вблизи НЛ. Источники оптического и жесткого рентгеновского излучения располагались вблизи областей сильного горизонтального магнитного поля (> 1 кГс/Мм) и градиента вертикальной компоненты магнитного поля (> 1 кГс/Мм). В процессе энерговыделения вспышечные ленты, видимые в канале AIA/SDO 1600 Å, входили в области с более вертикальным магнитным полем. Используя результаты экстраполяции магнитного поля в рамках бессилового приближения, удалось выявить резкий спад как свободной энергии ($\sim 35\%$), так и магнитной спиральности ($\sim 24\%$) в активной области во время солнечной вспышки. Оценки показывают, что скачок свободной магнитной энергии (2×10^{31} эрг) намного превышал полную энергию ускоренных электронов (10^{30} эрг) и максимальную внутреннюю энергию нагретой плазмы (3×10^{28} эрг). Показано, что силовые линии магнитного поля вблизи НЛ в процессе развития солнечной вспышки стали короче и ниже.

Анализ динамики электрических токов в АО 12297 во время солнечной вспышки M1.2 класса 15 марта 2015 г.

**Шарыкин И.Н.¹, Зимовец И.В.¹, Анфиногентов С.А.²,
Мышьяков И.И.²**

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

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

В работе рассматривается солнечная вспышка M1.2 класса, произошедшая 15 марта 2015 г., сопровождавшаяся ускорением электронов и нагревом плазмы в закрученной магнитной структуре вдоль нейтральной линии (НЛ) магнитного поля. Цель работы состоит в исследовании динамики электрических токов в импульсной фазе вспышки вблизи НЛ и мест высыпания ускоренных электронов в плотные слои солнечной атмосферы. В работе используются векторные магнитограммы HMI/SDO со скважностью 135 с, которые позволяют произвести анализ динамики вертикального электрического тока на временных масштабах импульсной фазы. Показано, что в процессе развития вспышечного энерговыведения произошло усиление полного вертикального электрического тока во вспышечной области. Это происходило в основном за счет роста площади областей сильного тока, а средняя плотность тока при этом падала. Источники оптического и жесткого рентгеновского излучения располагались в области сильного вертикального электрического тока ($j_z \approx 40 - 100$ мА/м²). Показано, что движение вспышечных лент, видимых в канале AIA/SDO 1600 Å, соответствует появлению новых областей сильного вертикального электрического тока. Используя результаты экстраполяции магнитного поля в рамках бессилового приближения, удалось проследить трехмерную динамику электрического тока вблизи НЛ и показать рост токовой спиральности на 25 % во время солнечной вспышки. Получены оценки плотности вертикального электрического тока во вспышечных лентах.

Роль хромосферных и корональных выбросов в развитии LDE-вспышки в активной области 11302 NOAA на Солнце

Шаховская А.Н.¹, Григорьева И.Ю.², Исаева Е.А.³

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

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

³*Радиоастрономическая обсерватория УРАН-4, г. Одесса, Украина, e-mail: isaeva-ln@mail.ru*

Исследуются события, произошедшие 22 и 24 сентября 2011 года, в активной области 11302 NOAA. На сентябрь 2011 года, пришелся первый максимум 24 цикла. Самая большая по площади и с самой высокой вспышечной активностью была группа 11302. Максимальный размер активной области составлял 1300 миллионных долей солнечного диска. Она проходила по диску с 22.09.2011 по 04.10.2011, за это время в ней произошли две рентгеновские вспышки балла X, 14 балла M, и 34 вспышки балла C. Из большого числа достаточно мощных вспышек, только две из них можно считать LDE. Одна из них произошла 22.09.2011, когда АО была на восточном лимбе, а другая 24.09.2011 в 12:30 UT. Используются данные H-альфа наблюдений КрАО и BBSO, данные радионаблюдений RSTN, а также результаты внеатмосферных наблюдений в линиях ВУФ. Мы детально изучили события, предшествующие и последующие за этими вспышками. Получено, что в АО сложилась сложная магнитная конфигурация, что привело к формированию систем высоких и низких корональных петель. Вдоль высоких петель происходит эрупция EUV-джетов, что может являться триггером мощных KBM. Оседающая после KBM материя способствует формированию постэруптивной аркады и развитию LDE-вспышек в районе низких корональных петель.

Долговременные наблюдения Солнца в радиодиапазоне на ГАС ГАО РАН за 60-летнюю историю

Шрамко А.Д.

Горная астрономическая станция ГАО РАН, Кисловодск, e-mail: shramko@inbox.ru,

В этом 2018 г. Кисловодская Горная астрономическая станция ГАО РАН отмечает своё 70-летие. Радионаблюдения на ГАС начались в июле

1957 г. на длине волны 1,68 м, с помощью радиоинтерферометра, состоящего из двух параболических зеркал размером 2x10 м, установленных на расстоянии 90 м (диаграмма - $1 \times 10^\circ$). С этого времени продолжается 60-летняя история радионаблюдений на ГАС. Наблюдения на волне 1,68 м проводились в периоды 1957-1964, 1969-1970, 1973-1977 гг. По просьбе М.Н. Гневыхова, при участии Г.Б. Гельфрейха, после экспедиционных затменных солнечных наблюдений, радиотелескопы РТ-3 и РТ-2.5 переданы ГАС. И с 1962 г. на ГАС ведутся регулярные наблюдения Солнца на длине волны 5 см (РТ-3). Наблюдение Солнца на волне 2 см (РТ-2.5) проводились в 1964-1969, 1977-1984, 1985-1987 гг. В 1980 г. на ГАС сотрудниками НИРФИ (г. Горький) установили радиометр на волне 3 см (РТ-2), для регулярных совместных наблюдений. В период 1994-2002 гг. радионаблюдения не проводились. С 2002 г. возобновились наблюдения на РТ-3 ($\lambda=5$ см), регистрация и обработка данных с этого периода ведется компьютерным методом. С октября 2008 г. РТ-2 был запущен как патрульный Солнечный радиотелескоп на волне 3.2 см. Представлены диаграммы временных распределений солнечных радиопотоков на длинах волн 168 см, 5 см, 3 см, 2 см.

Прогнозирование землетрясений и извержений вулканов по ежедневным индексам солнечной активности

Эйгенсон А.М.

Обсуждается корреляция между сильными землетрясениями и извержениями вулканов с солнечной активностью. В отличие от традиционного подхода, при котором индексы солнечной активности усредняются по месяцам, кварталам или годам, мы анализируем ежедневные индексы и строим кривые пяти индексов солнечной активности: чисел Вольфа, числа солнечных пятен, площади пятен, радиопотока на волне 10,7 см и рентгеновского излучения. Эти кривые сравниваются нами с природными катаклизмами. Используются данные за 62 года, с 1957 г. по 2018 г. Обнаружено, что, когда кривая солнечной активности начинает опускаться, в тот же день, или более вероятно, через несколько дней после минимума происходят землетрясения и извержения вулканов. Вероятность землетрясений в окрестности солнечного минимума составляет 2-3% за 2-3 дня до минимума, возрастает до 16% в день минимума, равна 17% через 1-2 дня после минимума и уменьшается как 13%, 9%, 4% и т.д. в последующие дни. Анализ данных за 2016 г. и 2018 г. показывает, что вероятность ложного

прогноза не более 2%. Для объяснения наблюдаемой корреляции предлагается «обратный» Форбуш-эффект.

**Вариации потоков в линиях солнечного
КУФ-излучения (вне вспышек) по спутниковым
данным TIMED в 23 цикле и SDO/EVE в 24 цикле**

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

¹ МГУ им. М.В. Ломоносова, ГАИШ,
Москва, e-mail: red-field@yandex.ru

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

³ МГУ им. М.В. Ломоносова, ГАИШ, Москва,
e-mail: yakunina@sai.msu.ru

Анализируются потоки в спектральных линиях водорода серии Лаймана и их вариации в 23 и 24 циклах солнечной активности. Показано, что эти линии по-разному изменяются с изменением солнечной активности: поток в линии L_α (121.56 нм) уменьшается на ~40% от величины в максимуме активности, а сильнее всего на ~(60–70)% уменьшаются потоки в линиях L_β (102.57 нм), L_γ (97.3 нм) и L_δ (95.0 нм). Для 23 цикла показано, что потоки и полуширина профилей спектральных линий заметно изменяются в зависимости от фазы цикла, увеличиваясь к максимуму цикла. Сравнительный анализ показал, что относительные вариации среднегодовых значений интенсивности линий серии Лаймана и индекса $F_{10.7}$ различаются для 23 и 24 циклов. Это связано с особенностью цикла 24 и его вторичного максимума, превышающего первичный максимум. Приводятся регрессионные зависимости потоков в линиях серии Лаймана (согласно ежедневным измерениям SDO/EVE), позволяющие с высокой точностью восстановить эти потоки по величине индекса $F_{10.7}$.

Диссипация солнечных пятен

Живанович И., Соловьев А.А

Согласно модели диссипации магнитного поля солнечного пятна через тонкий слой на границе вертикальной магнитной силовой трубки пятна и окружающей среды (Solov'ev A.A. Area and magnetic field of a sunspot on the stage of slow Dissipation. Soviet Astron. 35. 306-309. 1991) темп уменьшения площади тени пятна должен замедляться по мере уменьшения размеров пятна. Этот теоретически предсказанный эффект надежно подтвержден в данной работе на материале SDO/HMI, имеющем высокое пространственное и временное разрешение. Данное обстоятельство дает возможность исследовать особенности медленной диссипации солнечных пятен более детально. Теоретические кривые хорошо соответствуют наблюдаемым профилям изменения радиуса тени пятна со временем.

Оглавление

<i>Абдусаматов Х.И.</i> Вариации космических лучей и облачного покрова практически не влияют на климат	3
<i>Абраменко В.И.</i> Турбулентная диффузия мелкомасштабного магнитного поля внутри и вне активных областей	4
<i>Абрамов-Максимов В.Е., Боровик В.Н., Опейкина Л.В., Тлатов А.Г.</i> Эволюция активной области Солнца 12673 по данным РАТАН-600, NoRH и SDO	5
<i>Абрамов-Максимов В.Е., Бакунина И.А.</i> Колебания в активных областях Солнца перед вспышками	6
<i>Абунин А.А., Абунина М.А., Белов А.В., Гайдаш С.П., Ерошенко Е.А., Крякунова О.Н., Николаевский Н.Ф., Прямушкина И.И., Янке В.Г.</i> Возмущения межпланетной среды и поведение высокоэнергичных магнитосферных электронов	6
<i>Абунин А.А., Абунина М.А., Белов А.В., Гайдаш С.П., Ерошенко Е.А., Прямушкина И.И., Янке В.Г.</i> Возможности базы данных для изучения Форбуш-эффектов и межпланетных возмущений .	7
<i>Авакян С.В., Баранова Л.А.</i> Вклад аэрокосмической физической оптики в решение актуальных биофизических проблем . . .	7
<i>Андреева О.А., Малащук В.М.</i> Вариации скорости вращения корональной дыры 2015-2017 гг	9
<i>Андреева О.А., Малащук В.М.</i> Изменение вертикальных границ корональной дыры в атмосфере Солнца	9
<i>Малащук В.М., Андреева О.А.</i> Вклад крымских ученых в изучение корональных дыр	10
<i>Арабаджян Д.К., Пащенко М.П., Тлатов А.Г.</i> Моделирование распространения корональных выбросов массы и прогноз геомагнитной активности по данным наземных патрульных наблюдений .	10
<i>Asenovski S.N., Asenovska Y.P.</i> High-speed solar wind streams during the last solar cycles	11
<i>Ахтемов З.С., Цап Ю.Т.</i> Магнитные образования и солнечный ветер по данным ACE/SWEPAM на фазе спада 24-го цикла солнечной активности	12
<i>Беспалов П.А., Савина О.Н.</i> Влияние ионно-звуковой турбулентности на теплопроводность в областях скачков температуры солнечной атмосферы	12
<i>Бикташ Л.З.</i> Реакция среднеширотной ионосферы сопряженных областей на космическую погоду	13
<i>Бикташ Л.З.</i> Циклические изменения температуры Земли на фоне глобального потепления	14

<i>Биленко И.А.</i> Циклические вариации фотосферного и межпланетного магнитного поля и параметров солнечного ветра	15
<i>Биленко И.А., Тавастийерна К.С.</i> Формирование и эволюционные изменения корональных дыр на фазе роста 23 цикла	16
<i>Богод В.М., Кальтман Т.И., Лукичева М.А.</i> Суб-миллиметры на ALMA и микроволны на РАТАН-600. Сопоставление для активных областей на Солнце	17
<i>Бондарь Н.И., Кацова М.М., Лившиц М.А.</i> Циклы звёзд солнечного типа и более холодных карликов	18
<i>Бруевич Е.А.</i> Классификация вспышек, основанная на максимальном потоке в рентгеновском диапазоне и длительности вспышки	19
<i>Вальчук Т.Е., Кононова Н.К.</i> Отображение магнитных бурь в атмосферных циркуляциях Северного полушария в максимуме 24 цикла солнечной активности	19
<i>Васильев Г.И., Константинов А.Н., Огурцов М.Г., Остряков В.М., Павлов А.К., Фролов Д.А.</i> Проявления сжатия гелиосферы при прохождении Солнечной системы через межзвёздные облака .	20
<i>Веретенко С.В., Огурцов М.Г.</i> 60-летний цикл в климате Земли и корреляционных связях между солнечной активностью и циркуляцией нижней атмосферы: новые данные	21
<i>Вернова Е.С., Тясто М.И., Баранов Д.Г.</i> Асимметрия распределения фотосферного магнитного поля в 21–24 солнечных циклах .	22
<i>Владимирский Б.М.</i> Вариации космической погоды как причина возникновения артефактов в точных измерениях	23
<i>Волубуев Д.М., Макаренко Н.Г., Князева И.С.</i> Особенности пространственно-временной кластеризации в диаграмме «бабочек» Маундера	24
<i>Гарбацевич В.А., Шибаев И.Г.</i> Проявление характеристик Луны при регистрации модуля магнитного поля Земли	24
<i>Георгиева К., Киров Б., Асеновски С., Обриджо В.Н.</i> Долгосрочные вариации компонентов солнечного ветра и их земных проявлений	25
<i>Гетлинг А.В., Бучнев А.А.</i> О сценариях зарождения групп пятен	26
<i>Глобина В.И., Шабалин А.Н., Овчинникова Е.П., Чариков Ю.Е.</i> Квазипериодические пульсации жесткого рентгеновского излучения солнечных вспышек по данным Konus-Wind, RHESSI . .	27
<i>Голубчина О.А., Топчило Н.А.</i> Суточное изменение структуры и физических характеристик групп пятен на видимом диске Солнца	28
<i>Гопасюк О.С.</i> Особенности изменений фотосферных магнитных полей активных областей во время вспышек	28
<i>Гопасюк О.С., Барановский Э.А., Штерцер Н.И.</i> Корональные дыры по наблюдениям в линиях He и H-альфа	29

<i>Chapanov Ya., Gorshkov V.</i> Solar activity and cosmic ray influence on climate	29
<i>Григорьева И.Ю., Струминский А.Б.</i> Радиоизлучение II-IV типов во вспышках начала сентября 2017 года	30
<i>Гусева С.А.</i> Непрерывные шестидесятилетние ряды наблюдений спектральной солнечной короны на малом коронграфе ГАС ГАО РАН	31
<i>Данилова О.А., Тясто М.И., Сдобнов В.Е</i> Изменения жесткостей обрезания космических лучей во время геомагнитной бури в июне 2015 г. и их связь с параметрами солнечного ветра и ММП	32
<i>Дергачев В.А.</i> Глобальная картина температурной изменчивости в обоих полушариях в течение последних 20 тыс. лет и тенденция похолодания в последние ~2000 лет	32
<i>Васильев С.С., Дергачев В.А.</i> Солнечный модуляционный потенциал по данным о космогенных изотопах за последние 10 тыс. лет	33
<i>Дертеев С.Б., Миталаяев Б.Б.</i> МГД-моделирование корональных выбросов массы	34
<i>Дмитриев П.Б.</i> Анализ временной структуры стадий роста и спада 22–24 циклов солнечной активности в мягком рентгеновском диапазоне длин волн	35
<i>Дмитриев П.Б.</i> О возможном существовании ~154-ех дневной квазипериодичности в потоках солнечных протонов и электронов на протяжении последних трех циклов солнечной активности	36
<i>Ерофеев Д.В.</i> Характеристики поляризованных (arc-polarized) альвеновских волн в околоземном солнечном ветре	37
<i>Ефремов В.И., Парфиненко Л.Д., Соловьев А.А.</i> Долгопериодические колебания факелов и пор	38
<i>Жукова А.В., Абраменко В.И., Куценко А.С.</i> Составляющие магнитного потока от всех активных областей на диске Солнца: вариации в 24-м цикле	39
<i>Загайнова Ю.С., Файнштейн В.Г., Громова Л.И., Громов С.В.</i> Исследование солнечных источников и геоэффективности КВМ типа «Стелс»	40
<i>Зайцев В.В., Степанов А.В.</i> Медленно меняющаяся компонента радиоизлучения ультрахолодных звезд	40
<i>Золотова Н.В., Возмьянин М.В.</i> Солнечная активность по данным наблюдений Пьера Гассенди в 1630-х гг.	41
<i>Иванов В.Г.</i> Ещё одно правило Вальдмайера и форма 11-летнего цикла	42
<i>Илларионов Е.А., Тлатов А.Г.</i> Можно ли научить нейронную сеть находить солнечные пятна и другие объекты солнечной активности и что нам это дает?	43

<i>Ихсанов Р.Н., Иванов В.Г.</i> Эволюция крупномасштабного магнитного поля Солнца в 23 и 24-м циклах солнечной активности . . .	44
<i>Калинин А.А., Калинина Н.Д.</i> К расчету спектра солнечного пятна	44
<i>Калинин А.А.</i> Моделирование спектров солнечных протуберанцев	45
<i>Калинин А.О., Соколов Д.Д.</i> Резонансы в сферических динамо и супервспышки	46
<i>Кальтман Т.И.</i> Тепловое тормозное излучение локальных источников над солнечными пятнами по микроволновым наблюдениям .	46
<i>Кальтман Т.И.</i> Особенности радиоизлучения турбулентной плазмы (плазменный механизм) при инжекции во вспышечную петлю пучка электронов	47
<i>Кацова М.М., Кичатинов Л.Л., Мосс Д., Олах К., Соколов Д.Д.</i> О супервспышках на гигантах	48
<i>Ким И.С., Крусанова Н.Л., Попов В.В.</i> Цвет континуума как индикатор расширения короны	49
<i>Кириллов А.К., Василенко Т.А.</i> Квазипериодические колебания потока космических лучей как индикатор и предвестник аварийных ситуаций в угольных шахтах	50
<i>Киров Б., Асеновски С., Георгиева К.</i> Связь между параметрами солнечной активности и Эль Ниньо	51
<i>Киселев Б.В.</i> Сравнение спектральных и фрактальных характеристик индексов солнечной и геомагнитной активности	51
<i>Киселев Б.В.</i> Солнечная цикличность в климатических индексах .	52
<i>Кичатинов Л.Л.</i> Модель динамо изменчивости солнечных циклов	53
<i>Комитов Б., Кафтан В.</i> Годовые кольца бука (<i>fagus sylvatica</i>) и солнечно-обусловленные колебания климата центрального и западного Балкана в XVIII-XXI вв	53
<i>Комитов Б., Кафтан В.</i> Анализ циклических колебаний содержания изотопа ^{14}C в годовых кольцах деревьев в связи с проблемой солнечно-земных взаимодействий и существования массивных транснептуновых объектов Солнечной системы	54
<i>Королькова О.А., Соловьев А.А.</i> Строение протуберанцев нормальной и обратной полярности	55
<i>Королькова О.А., Ефремов В.И.</i> Эффект Y-p2p в данных SDO и антикорреляция колебаний магнитного поля и площади тени пятна	56
<i>Костюченко И.Г., Бруевич Е.А.</i> Особенности структуры квазидвухлетних вариаций площади солнечных пятен в цикле солнечной активности	57
<i>Котов В.А.</i> Вращение звезды Солнца	58
<i>Крамныгин А.П., Михалина Ф.А.</i> К вопросу о северо-южной асимметрии солнечной активности	59

<u>Дергачев В.А., Кудрявцев И.В.</u> Радиоуглеродные данные об изменении климата и вариациях солнечной активности в эпоху Майендорвского-Аллерёдского потеплений (≈ 13000 -11000 гг. до н.э.)	59
<u>Кудрявцев И.В., Дергачев В.А.</u> Реконструкция гелиосферного модуляционного потенциала на основе радиоуглеродных данных в эпоху окончания последнего ледникового периода, раннего и среднего Голоцена	60
<u>Кудрявцев И.В., Кальтман Т.И.</u> Эволюция функции распределения быстрых электронов при их распространении во вспышечной плазме с учетом развития пучковой неустойчивости	61
<u>Кудрявцев И.В.</u> Жёсткое рентгеновское излучение ускоренных во вспышках электронов при развитии пучковой неустойчивости	62
<u>Кузнецов С.А., Мельников В.Ф., Бакунина И.А., Моргачев А.С., Шаин А.В.</u> Роль электрических токов в процессах вспышечного энерговыделения в активной области	63
<u>Куприянова Е.Г., Кашапова Л.К., Брумол А.-М., Колотков Д.Ю., Лысенко А.Л., Кудрявцева А.В.</u> Нестационарные свойства квазипериодических пульсаций в солнечных вспышках	63
<u>Курочкин Е.А., Богод В.М., Петерова Н.Г., Свидский П.М., Шендрик А.В.</u> Способы улучшения прогнозирования солнечных вспышек в микроволновом диапазоне	64
<u>Курочкин Е.А., Стороженко А.А., Гумеров А.Р.</u> Широкодиапазонные микроволновые наблюдения Солнца на новом комплексе РАТАН-600	65
<u>Куценко А.С., Абраменко В.И., Певцов А.А.</u> Связь между скоростью увеличения магнитного потока и другими параметрами всплывающей активной области	65
<u>Лукашенко А.Т., Родькин Д.Г., Шугай Ю.С., Слемзин В.А., Капорцева К.Б., Веселовский И.С.</u> Частые и редкие МГД-типы солнечного ветра	66
<u>Мельников В.Ф., Бакунина И.А., Моргачев А.С., Кузнецов С.А., Шаин А.В.</u> Накопление и выделение энергии в активной области по данным многоволновых наблюдений с высоким пространственным разрешением	67
<u>Мельникова И.А., Астапов И.И., Осетрова Н.В.</u> Исследование вариаций потока мюонов по данным мюонного годоскопа УРАГАН на разных фазах солнечной активности	68
<u>Мерзляков В.Л., Старкова Л.И.</u> Эволюционные изменения конфигурации магнитного поля короны Солнца	69
<u>Мерзляков В.Л.</u> Свойства токового слоя над пучком корональных петель	70

<u>Михаляев Б.Б., Нага Варун Е., Манкаева Г.А.</u> Нелинейные радиальные колебания солнечных корональных трубок	71
<u>Моргачев А.С., Цап Ю.Т., Моторина Г.Г., Смирнова В.В.</u> О тепловой природе миллиметрового излучения солнечной вспышки 2 апреля 2017	72
<u>Моторина Г.Г., Лысенко А.Л., Флейшман Г.Д.</u> Многоволновое исследование мощных солнечных вспышек в минимумах 22, 23 и 24 солнечных циклов	73
<u>Naga Varun .Y., Pashenko M.P., Tlatov A.G.</u> Analysis of initial stage CMEs using spectroheliograms from Kislovodsk's patrol telescopes .	74
<u>Наговицын Ю.А., Певцов А.А.</u> Нелинейная математическая модель пятенной цикличности Солнца	74
<u>Непомнящих А.А., Кичатинов Л.Л.</u> Асимметрия солнечных циклов как следствие флуктуаций параметров динамо	75
<u>Низамов Б.А., Зимовец И.В., Головин Д.В., Санин А.Б., Литвак М.Л., Третьяков В.И., Митрофанов И.Г., Козырев А.С.</u> Новая оценка энергии нетепловых электронов в гигантской солнечной вспышке 28 октября 2003 г. по наблюдениям Mars Odyssey .	76
<u>Овчинникова Е.П., Шабалин А.Н., Чариков Ю.Е.</u> Определение параметров вспышечной плазмы и пучка ускоренных электронов в солнечной вспышке 10 сентября 2017 г. по данным RHESSI, SDO	77
<u>Овчинникова Е.П., Шабалин А.Н., Глобина В.И., Чариков Ю.Е.</u> Анализ пространственной структуры, спектра жесткого рентгеновского излучения и временных задержек в событии 23 сентября 2014 г. по данным наблюдений RHESSI, SDO, Nobeyama Radioheliograph	78
<u>Огуцов М.Г.</u> Возможный вклад гравитационного воздействия Юпитера и Сатурна в 60-летнюю вариацию глобальной температуры	79
<u>Осетрова Н.В., Астапов И.И., Мельникова И.А.</u> Исследование локальной анизотропии потока мюонов, регистрируемого в годоскопическом режиме, во время мощных геоэффективных гелиосферных возмущений 2017 года	79
<u>Наговицын Ю.А., Певцов А.А., Осипова А.А., Иванов В.Г.</u> Две популяции групп солнечных пятен: пространственное распределение активности	80
<u>Ковальцов Г.А., Остряков В.М.</u> Гамма-излучение спокойного Солнца	81
<u>Парфиненко Л.Д., Ефремов В.И., Соловьев А.А.</u> 9-дневные вариации TSI — отражение глубинных процессов вблизи солнечного ядра?	82

<u>Плотников А.А., Куценко А.С.</u> Новый солнечный магнитограф КРАО РАН и некоторые особенности измерения магнитных по- лей	82
<u>Рагульская М.В., Обриджо В.Н., Бабаев Э.С.</u> Половой диморфизм эволюционных адаптивных реакций человека на космогеофизи- ческие факторы	83
<u>Рагульская М.В.</u> Космические лучи как фактор эволюционного от- бора способов запаса энергии в первичных земных биоструктурах	84
<u>Ривин Ю.Р.</u> Магнитный цикл пятнообразования на Солнце и пра- вило Вальдмайера	86
<u>Ривин Ю.Р.</u> Возможный источник значительного различия нч- частей спектров среднегодовых значений рядов чисел Вольфа и магнитного цикла солнечных пятен	87
<u>Ривин Ю.Р.</u> Правило Гневышева-Оля и N-S асимметрия декадных вариаций солнечной активности	88
<u>Ривин Ю.Р.</u> Основная проблема современных анализов декадных и вековых вариаций солнечной активности, а также других про- цессов в солнечно-земной физике	89
<u>Романов К.В.</u> Физический механизм аномального прогрева солнеч- ной хромосферы в эпоху минимума активности цикла	90
<u>Саванов И.С., Дмитриенко Е.С.</u> Пятна и активность звезд солнеч- ного типа по наблюдениям с космическим телескопом Кеплер	90
<u>Савченко М.И., Ватагин П.В., Лазутков В.П., Моторина Г.Г., Ско- родумов Д.В.</u> Динамика энергетических спектров быстрых элект- тронов реконструированных на основе жесткого рентгеновского излучения солнечных вспышек 19 декабря 2001 года и 11 июня 2003 года	91
<u>Сидоренков Н.С., Wilson I.R.G.</u> О ярком проявлении перигейно си- зигийных приливов в атмосфере	92
<u>Скажун А.А., Волобуев Д.М.</u> Причинная связь между климатиче- ским индексом PDO и солнечной постоянной	92
<u>Смирнова В.В., Рыжов В.С., Нагнибеда В.Г.</u> Наблюдения Солнца в миллиметровом радиодиапазоне на телескопе РТ-7,5 МГТУ им. Баумана в период солнечного минимума	93
<u>Solov'ev A.A., Kirichek E.A.</u> Steady 3D model of solar facular knot	94
<u>Зайцев В.В., Степанов А.В., Мельников А.В.</u> Динамические режи- мы токнесущих волокон	95
<u>Стрекалова П.В., Соловьев А.А., Смирнова В.В., Наговицын Ю.А.</u> Физическая интерпретация наблюдаемых явлений в факельных образованиях	95
<u>Струминский А.Б., Григорьева И.Ю.</u> Солнечные протонные собы- тия в сентябре 2017 года	96

<u>Барановский Э.А., Лозицкий В.Г., Лозицкая Н.И., Таращук В.П.</u> Изучение магнитных полей и термодинамических условий в фотосфере и хромосфере солнечной вспышки X17.2/4B 28 октября 2003 года	97
<u>Барановский Э.А., Таращук В.П., Владимирский Б.М.</u> Роль магнитных полей в реализации солнечно-земных связей в физико-химических системах	98
<u>Тлатов А.Г., Тлатова К.А.</u> Полярные циклы активности по данным наблюдения в линии КCaII в период 1907-2017 гг.	99
<u>Тлатов А.Г.</u> История Кисловодской Горной станции ГАО РАН	99
<u>Тлатова К.А., Тлатов А.Г.</u> Влияние реликтового магнитного поля на свойства солнечных биполей	100
<u>Тлатова К.А., Васильева В.В., Тлатов А.Г.</u> Дрейф полярных протуберанцев в 14–24 циклах активности	101
<u>Топчило Н.А., Петерова Н.Г.</u> О наклоне оси магнитного поля солнечных пятен по наблюдениям на микроволнах	101
<u>Тясто М.И., Дергачев В.А., Дмитриев П.Б., Благовещенская Е.Э.</u> Ритмы палеоклимата Земли в структуре окаменевших слоистых отложений палеопротерозоя (~2 млрд. лет тому назад) и современные циклы солнечной активности	102
<u>Филатов Л.В., Мельников В.Ф.</u> Рассеяние нетепловых электронов и генерация турбулентности вистлеров во вспышечной петле	103
<u>Филиппов М.Ю., Абуни А.А., Ходатаев Н.А.</u> Оценка интегральной солнечной активности по данным РЛС метрового диапазона	104
<u>Фурсяк Ю.А., Абраменко В.И., Куценко А.С.</u> Системы электрических токов в активных областях различной конфигурации и вспышечной активности	105
<u>Цап Ю.Т., Ханейчук О.В., Копылова Ю.Г.</u> «Точки поворота» и волновой перенос энергии альвеновскими возмущениями в атмосфере Солнца	106
<u>Цап Ю.Т., Степанов А.В., Копылова Ю.Г.</u> Влияние экранирующих токов на МГД устойчивость магнитных жгутов в короне Солнца	106
<u>Цап Ю.Т., Лозицкая Н.И., Перебейнос В.А., Борисенко А.В., Штерцер Н.И.</u> Сравнение визуальных измерений магнитных полей пятен в Крыму и на Маунт-Вилсон	107
<u>Чариков Ю.Е., Шабалин А.Н., Овчинникова Е.П.</u> Моделирование процессов распространения пучков электронов с тонкой временной структурой в плазме вспышечной петли	108
<u>Чернов Г.П., Фомичев В.В.</u> Новые аспекты теории тонкой структуры солнечного радиоизлучения	109

<u>Шабалин А.Н., Овчинникова Е.П., Глобина В.И., Чариков Ю.Е., Кузнецов С.А.</u> Модель распространения ускоренных электронов для вспышечной аркады события 23 сентября 2014 г с учетом данных наблюдений RHESSI, SDO, Nobeyama Radioheliograph	110
<u>Шаповалов С.Н., Трошичев О.А., Поважный В.И., Москвин И.В., Бакаленко Б.И., Соколов В.Т.</u> Спектральные наблюдения солнечной радиации в диапазоне NUV 297–330nm на стадии роста 24-го цикла солнечной активности (Антарктида)	111
<u>Шаповалов С.Н., Соколов В.Т., Бакаленко Б.И., Москвин И.В., Калишин А.С., Трошичев О.А.</u> Исследование чувствительности биомаркеров человека к воздействию космогеофизических факторов в процессе профессиональной деятельности в Арктике	112
<u>Шарыкин И.Н., Зимовец И.В., Мешалкина Н.С., Мышьяков И.И.</u> Исследование динамики ускоренных электронов и нагрева плазмы в окрестности нейтральной линии магнитного поля во время солнечной вспышки M1.2 класса 15 марта 2015 г.	113
<u>Шарыкин И.Н., Косовичев А.Г.</u> Фотосферные возмущения и гелиосейсмические волны в солнечной вспышке X9.3 класса, произошедшей 6 сентября 2017 года	114
<u>Шарыкин И.Н., Зимовец И.В., Анфиногентов С.А., Мышьяков И.И.</u> Анализ перестройки магнитного поля АО 12297 во время солнечной вспышки M1.2 класса 15 марта 2015 г.	115
<u>Шарыкин И.Н., Зимовец И.В., Анфиногентов С.А., Мышьяков И.И.</u> Анализ динамики электрических токов в АО 12297 во время солнечной вспышки M1.2 класса 15 марта 2015 г.	116
<u>Шатовская А.Н., Григорьева И.Ю., Исаева Е.А.</u> Роль хромосферных и корональных выбросов в развитии LDE-вспышки в активной области 11302 NOAA на Солнце	117
<u>Шрамко А.Д.</u> Долговременные наблюдения Солнца в радиодиапазоне на ГАС ГАО РАН за 60-летнюю историю	117
<u>Эйгенсон А.М.</u> Прогнозирование землетрясений и извержений вулканов по ежедневным индексам солнечной активности	118
<u>Бруевич Е.А., Казачевская Т.В., Якунина Г.В.</u> Вариации потоков в линиях солнечного КУФ-излучения (вне вспышек) по спутниковым данным TIMED в 23 цикле и SDO/EVE в 24 цикле	119
<u>Живанович И., Соловьев А.А.</u> Диссипация солнечных пятен	120
Оглавление	121
Список авторов	130

Список авторов

- Абдусаматов Х.И., 3
Абраменко В.И., 4, 39, 65, 105
Абрамов-Максимов В.Е., 5, 6
Абунин А.А., 6, 7, 104
Абунина М.А., 6, 7
Авакян С.В., 7
Андреева О.А., 9, 10
Анфиногентов С.А., 115, 116
Арабаджян Д.К., 10
Асеновски С., 11, 25, 51
Астапов И.И., 68, 79
Ахтемов З.С., 12
Бабаев Э.С., 83
Бакаленко Б.И., 111, 112
Бакунина И.А., 6, 63, 67
Баранов Д.Г., 22
Баранова Л.А., 7
Барановский Э.А., 29, 97, 98
Белов А.В., 6, 7
Беспалов П.А., 12
Бикташ Л.З., 13, 14
Биленко И.А., 15, 16
Благовещенская Е.Э., 102
Богод В.М., 17, 64
Бондарь Н.И., 18
Борисенко А.В., 107
Боровик В.Н., 5
Бруевич Е.А., 19, 57, 119
Брумол А.-М., 63
Бучнев А.А., 26
Вальчук Т.Е., 19
Василенко Т.А., 50
Васильев С.С., 33
Васильев Г.И., 20
Васильева В.В., 101
Ватагин П.В., 91
Веретененко С.В., 21
Вернова Е.С., 22
Веселовский И.С., 66
Владимирский Б.М., 23, 98
Волобуев Д.М., 24, 92
Вохмянин М.В., 41
Гайдаш С.П., 6, 7
Гарбацевич В.А., 24
Георгиева К., 25, 51
Гетлинг А.В., 26
Глобина В.И., 27, 78, 110
Головин Д.В., 76
Голубчина О.А., 28
Гопасюк О.С., 28, 29
Горшков В.Л., 29
Григорьева И.Ю., 30, 96, 117
Громов С.В., 40
Громова Л.И., 40
Гумеров А.Р., 65
Гусева С.А., 31
Данилова О.А., 32
Дергачев В.А., 32, 33, 59, 60, 102
Дертеев С.Б., 34
Дмитриев П.Б., 35, 36, 102
Дмитриенко Е.С., 90
Ерофеев Д.В., 37
Ерошенко Е.А., 6, 7
Ефремов В.И., 38, 56, 82
Живанович И., 120
Жукова А.В., 39
Загайнова Ю.С., 40
Зайцев В.В., 40, 95
Зимовец И.В., 76, 113, 115, 116
Золотова Н.В., 41
Иванов В.Г., 42, 44, 80
Илларионов Е.А., 43
Исаева Е.А., 117
Ихсанов Р.Н., 44
Казачевская Т.В., 119
Калинин А.А., 44, 45
Калинин А.О., 46

Калинина Н.Д., 44
 Калишин А.С., 112
 Кальтман Т.И., 17, 46, 47, 61
 Капорцева К.Б., 66
 Кафтан В., 53, 54
 Кацова М.М., 18, 48
 Кашапова Л.К., 63
 Ким И.С., 49
 Кириллов А.К., 50
 Киричек Е.А., 93
 Киров Б., 25, 51
 Киселев Б.В., 51, 52
 Кичатинов Л.Л., 48, 53, 75
 Князева. И.С., 24
 Ковальцов Г.А., 81
 Козырев А.С., 76
 Колотков Д.Ю., 63
 Комитов Б., 53, 54
 Кононова.Н.К., 19
 Константинов А.Н., 20
 Копылова Ю.Г., 106
 Королькова О.А., 55, 56
 Косовичев А.Г., 114
 Костюченко И.Г., 57
 Котов В.А., 58
 Крамынин А.П., 59
 Крусанова Н.Л., 49
 Крякунова О.Н., 6
 Кудрявцев И.В., 59–62
 Кудрявцева А.В., 63
 Кузнецов С.А., 63, 67, 110
 Куприянова Е.Г., 63
 Курочкин Е.А., 64, 65
 Куценко А.С., 39, 65, 82, 105
 Лазутков В.П., 91
 Лившиц М.А., 18
 Литвак М.Л., 76
 Лозицкая Н.И., 97, 107
 Лозицкий В.Г., 97
 Лукашенко А.Т., 66
 Лукичева М.А., 17
 Лысенко А.Л., 63, 73
 Макаренко Н.Г., 24
 Малащук В.М., 9, 10
 Манкаева Г.А., 71
 Мельников А.В., 95
 Мельников В.Ф., 63, 67, 103
 Мельникова И.А., 68, 79
 Мерзляков В.Л., 69, 70
 Мешалкина Н.С., 113
 Митрофанов И.Г., 76
 Михалина Ф.А., 59
 Михалеев Б.Б., 34, 71
 Моргачев А.С., 63, 67, 72
 Москвин И.В., 111, 112
 Мосс Д., 48
 Моторина Г.Г., 72, 73, 91
 Мышьяков И.И., 113, 115, 116
 Нага Варун Е., 71, 74
 Нагнибеда В.Г., 93
 Наговицын Ю.А., 74, 80, 95
 Непомнящих А.А., 75
 Низамов Б.А., 76
 Николаевский Н.Ф., 6
 Обридко В.Н., 25, 83
 Овчинникова Е.П., 27, 77, 78, 108,
 110
 Огурцов М.Г., 20, 21, 79
 Олах К., 48
 Опейкина Л.В., 5
 Осетрова Н.В., 68, 79
 Осипова А.А., 80
 Остряков В.М., 20, 81
 Павлов А.К., 20
 Парфиненко Л.Д., 38, 82
 Пащенко М.П., 10, 74
 Певцов А.А., 65, 74, 80
 Перебейнос В.А., 107
 Петерова Н.Г., 64, 101
 Плотников А.А., 82
 Поважный В.И., 111
 Попов В.В., 49
 Прямушкина И.И., 6, 7

Рагульская М.В., 83, 84
 Ривин Ю.Р., 86–89
 Родькин Д.Г., 66
 Романов К.В., 90
 Рыжов В.С., 93
 Саванов И.С., 90
 Савина О.Н., 12
 Савченко М.И., 91
 Санин А.Б., 76
 Свидский П.М., 64
 Сдобнов В.Е., 32
 Сидоренков Н.С., 92
 Скакун А.А., 92
 Скородумов Д.В., 91
 Слемзин В.А., 66
 Смирнова В.В., 72, 93, 95
 Соколов В.Т., 111, 112
 Соколов Д.Д., 46, 48
 Соловьев А.А., 120
 Соловьев А.А., 38, 55, 82, 93, 95
 Старкова Л.И., 69
 Степанов А.В., 40, 95, 106
 Стороженко А.А., 65
 Стрекалова П.В., 95
 Струминский А.Б., 30, 96
 Тавастшерна К.С., 16
 Таращук В.П., 97, 98
 Тлатов А.Г., 5, 10, 43, 74, 99–101
 Тлатова К.А., 99–101
 Топчило Н.А., 28, 101
 Третьяков В.И., 76
 Трошичев О.А., 111, 112
 Тясто М.И., 22, 32, 102
 Файнштейн В.Г., 40
 Филатов Л.В., 103
 Филиппов М.Ю., 104
 Флейшман Г.Д., 73
 Фомичев В.В., 109
 Фролов Д.А., 20
 Фурсяк Ю.А., 105
 Ханейчук О.В., 106
 Ходатаев Н.А., 104
 Цап Ю.Т., 12, 72, 106, 107
 Чариков Ю.Е., 27, 77, 78, 108, 110
 Чернов Г.П., 109
 Шабалин А.Н., 27, 77, 78, 108, 110
 Шаин А.В., 63, 67
 Шаповалов С.Н., 111, 112
 Шарыкин И.Н., 113–116
 Шаховская А.Н., 117
 Шендрик А.В., 64
 Шибаев И.Г., 24
 Шрамко А.Д., 117
 Штерцер Н.И., 29, 107
 Шугай Ю.С., 66
 Эйгенсон А.М., 118
 Якунина Г.В., 119
 Янке В.Г., 6, 7
 Asenovska Y.P., 11
 Asenovski S.N., *см.* Асеновски С.
 Chaparov Ya., 29
 Wilson I.R.G., 92