

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ГЛАВНАЯ (ПУЛКОВСКАЯ) АСТРОНОМИЧЕСКАЯ
ОБСЕРВАТОРИЯ

**СОЛНЕЧНАЯ
И СОЛНЕЧНО-ЗЕМНАЯ ФИЗИКА — 2016**

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

10 – 14 октября 2016 года

Санкт-Петербург
2016

Сборник содержит тезисы докладов, представленных на XX Всероссийскую ежегодную конференцию по физике Солнца «Солнечная и солнечно-земная физика — 2016» (10 – 14 октября 2016 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.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*) М.А. Лившиц (*ИЗМИРАН*), Н.Г. Макаренко (*ГАО РАН*), В.Н. Обридко (*ИЗМИРАН*), А.А. Соловьёв (*ГАО РАН*), Д.Д. Соколов (*МГУ*), А.Г. Тлатов (*ГАС ГАО РАН*).

Способ исследования изменений климата Земли и система для его осуществления

Абдусаматов Х.И.

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

Исследование долговременных вариаций величины среднегодового энергетического дисбаланса планеты позволит надежно определять ее энергетическое состояние, суммарную величину накопленного Мировым океаном избытка поступившей энергии или ее дефицита. Однако измерение отраженной и рассеянной планетой доли энергии солнечного излучения обратно в космос с бортов орбитальных космических аппаратов в принципе не может выполняться достаточно надежно и с необходимой точностью ($\approx 0.1\%$), поскольку альbedo Бонда является характеристикой отражения и рассеяния всей сферической системой поверхность-атмосфера в верхнюю полусферу. Единственным местом в космосе, обеспечивающим наиболее надежные измерения альbedo Бонда Земли и других климатических параметров, является поверхность Луны, особенно в лунное ночное время. Однако только изобретенный нами способ и система [1] позволяет проведение наблюдений Земли непрерывно в ночное время в течение $\sim 94\%$ времени лунных суток. Два одинаковых специальных оптических телескопа СОР-300К, составляющие единую систему, устанавливаются на высоте более 1000 мм вдоль экваториальной зоны на противоположных краях Луны, удаленных от ее видимого центра на $\pm(80.9^\circ \pm 0.1^\circ)$. Система СОР-300К, осуществляя наблюдения Земли последовательно только в ночное время в местах установки непрерывно в течение $\sim 94\%$ времени лунных суток, функционирует как единый телескоп. Система обеспечит измерения вариаций отраженной Землей энергии солнечного излучения обратно в космос в полосе $\Delta\lambda = 0.2 - 4$ мкм, собственного теплового излучения Земли в полосах $\Delta\lambda = 4 - 100$ мкм и основного окна прозрачности атмосферы $\Delta\lambda = 8 - 13$ мкм, а также зондирование Земли с поверхности Луны (ЗЗЛ). Это позволит надежно определять долговременные вариации расходуемой планетой энергии солнечного излучения и величины среднегодового энергетического дисбаланса, а также их зависимость от циклических вариаций солнечной постоянной.

- [1] Абдусаматов Х.И. Патент №2591263 «Способ исследования изменений климата Земли и система для его осуществления». 2016.

Устройство для защиты оптического телескопа от заряженной лунной пыли

Абдусаматов Х.И.

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

Лунная пыль может представлять определенную проблему, в частности, при проведении долговременных прецизионных наблюдений астрономических объектов, в том числе и Земли оптическим телескопом. Поэтому он должен быть застрахован комплексом систем защиты его зеркал от возможного попадания как опускающихся вертикально, так и положительно заряженных частиц лунной пыли, парящих в приповерхностном слое на высоте порядка нескольких сот мм в дневное время. Предлагаемое устройство для защиты зеркал телескопа от заряженной лунной пыли, представляет собой чашу, выполненную в виде перевернутого усеченного конуса, снабженную в центральной зоне креплениями для установки в нее телескопа. Внешняя поверхность чаши покрыта электроизолированной электропроводящей оболочкой, подключенной к блоку электропитания, расположенному в чаше, и имеющей электрический заряд с заданной частотой смены полярности в зависимости от смены дня и ночи на данной поверхности Луны. При этом чаша выполнена с возможностью расположения над ровной площадкой поверхности Луны так, что ее верхний уровень расположен на высоте более 1000 мм над поверхностью. Нижний край входного зрачка телескопа в горизонтальном положении трубы находится выше верхнего уровня чаши, а торцы трубы без козырька в вертикальной проекции не достигают верхней внутренней поверхности конуса. В области лунного терминатора наблюдения не проводятся. Устройство [1] и выдвижной козырек над входным зрачком телескопа [2], сочетающие в себе возможность комбинированной защиты (как механически, так и электрически), являются наиболее эффективным для страховки и предохранения поверхности зеркал не только от опускающихся вертикально, но и от положительно заряженных частиц лунной пыли при наблюдениях в дневное время.

- [1] Абдусаматов Х.И. // Патент №164303 «Устройство для защиты оптического телескопа от заряженной лунной пыли», 2016.
- [2] Абдусаматов Х.И. // Патент №155044 Оптический телескоп, 2015.

Диагностика турбулентного динамо по режиму всплытия активных областей

Абраменко В.И.^{1,2}, Тихонова О.И.¹, Куценко А.С.¹,
Юрчишин В.Б.³

¹Крымская Астрофизическая обсерватория РАН, Научный, Крым,
e-mail: vabramenko@gmail.com

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

³Big Bear Solar Observatory, Big Bear City, CA, USA

Для 14-ти активных областей (АО) исследованы временные изменения магнитного потока в процессе всплытия АО на поверхность Солнца. Для 12-ти АО 24-го цикла были созданы ряды магнитограмм по данным *Helioseismic and Magnetic Imager* (HMI) на борту *Solar Dynamic Observatory* (SDO), полученным через каждые 720 секунд в течение 3-5 дней всплытия. Для двух АО 23-го цикла мы использовали данные *Michelson Doppler Imager* (MDI), полученные с борта *Solar and Heliospheric Observatory* (SOHO). По каждой магнитограмме был вычислен полный магнитный поток (сумма абсолютных величин потоков в пикселах), $F(t)$, и его производная по времени, $R(t) = dF(t)/dt$. Изучались временные изменения функции $R(t)$ по мере всплытия АО. Оказалось, что характер изменения производной потока не универсален, но можно выделить два основных типа всплытия. Первый тип – регулярное всплытие – всплытие с длительным интервалом (1-3 суток) постоянной производной, т.е. с линейным нарастанием полного потока. При этом величина производной довольно низкая: $R(t) = const = (0.57 \pm 0.22) \times 10^{22}$ Мх/сутки. Вторым тип всплытия – ускоренное всплытие, т.е., всплытие с длительным (> 1 суток) интервалом возрастающей (до довольно больших величин $R_{max} = (0.92 \pm 0.29) \times 10^{22}$ Мх/сутки) производной, который сменяется очень коротким интервалом $R(t) = const$. Из 14-ти изученных АО, 7 показали признаки первого типа всплытия и остальные 7 – признаки второго типа, при этом имел место плавный переход одного типа в другой.

Первый тип всплытия ассоциируется с равномерным подъемом трубки с квази-постоянным потоком по мере прохождения сечения (горизонтального среза) трубки через фотосферу. При такой ситуации, поток нарастает пропорционально времени. Такие события можно объяснить традиционным крупномасштабным солнечным динамо, когда весь поток трубки сгенерирован глубоко в конвективной зоне. Вторым тип всплытия можно интерпретировать как свидетельство работы подфотосферного турбулентного динамо, которое генерирует дополнительный магнитный поток по мере подъема трубки к поверхности Солнца. Можно сделать вывод о

проявлении турбулентного динамо на масштабах порядка активных областей, о соизмеримом вкладе обоих динамо процессов в создание крупных активных областей.

Особенности микроволнового излучения активной области NOAA 12242 перед вспышкой X1.8 по данным RATAN-600 и SDO/HMI

*Абрамов-Максимов В.Е.¹, Боровик В.Н.¹, Опейкина Л.В.²,
Тлатов А.Г.¹, Яснов Л.В.³*

¹ ГАО РАН, С.-Петербург, e-mail: beam@gao.spb.ru, vnborovik@mail.ru

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

³ СПбГУ, С.-Петербург

Работа выполняется в рамках задачи выявления признаков подготовки больших вспышек на Солнце по микроволновому излучению активных областей (АО) их магнитографическим характеристикам. Обобщение выделенных признаков подготовки больших солнечных вспышек (мощнее класса M5 по GOES) позволит как продвинуться в понимании физической природы вспышек, так и развить методы их прогноза. Ранее авторами из анализа ряда АО, в которых произошли большие вспышки, было установлено, что во всех рассмотренных случаях за 1–2 дня до сильной вспышки наблюдалось появление и развитие в АО нового микроволнового источника над местом наибольшего градиента фотосферного магнитного поля около нейтральной линии. В данной работе рассматривается радиоизлучение АО 12242, в которой 20.12.2014 произошла вспышка класса X1.8. Работа основана на наблюдениях Солнца, выполненных на RATAN-600 в диапазоне 1.6–6 см, и на данных космической обсерватории SDO. Как и в ранее исследованных эруптивных событиях, в рассмотренном случае обнаружено появление за 1–2 дня до вспышки заметного микроволнового источника, который отождествился с местом максимального градиента магнитного поля около нейтральной линии. В данном случае сближение магнитных полей противоположных знаков вызвало вспышку X1.8, а микроволновый источник образовался накануне над тем местом, где возник мощный магнитный поток вблизи такого сближения. Сопоставлена динамика этого источника с эволюцией магнитного поля на фотосфере и выполнен анализ его радио-характеристик. Сравнение радиоданных с модельными расчетами, выполненными для моделей Мока (Aph.J, 621,1098, 2005) и Сельхорста (A&A, 488, 1079, 2008) показало, что модель Сельхорста дает лучшее соответствие наблюдательным данным.

Прогнозирование основных параметров космической погоды в ИЗМИРАН

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

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

²ГАПОУ БНК, Бузуруслан, e-mail: prymushkina.ira@mail.ru

Одной из актуальных фундаментальных и прикладных задач солнечно-земной физики является заблаговременное прогнозирование параметров космической погоды и оценка её влияния на различные природные, технологические и биологические системы, находящиеся как на Земле или в околоземном пространстве, так и в любой точке солнечной системы. На данный момент в мире существуют несколько научно-исследовательских центров, которые занимаются прогнозированием различных параметров космической погоды. К таким параметрам можно отнести, например, индексы солнечной и геомагнитной активности, потоки солнечных космических лучей и потоки релятивистских электронов на геостационарных орбитах.

В данной работе представлена общая информация о работе центра прогнозов космической погоды, работающего с 1998 года в ИЗМИРАН (Москва). Приведены примеры основных создаваемых центром прогнозов, результаты их верификации, а также сравнения с аналогичными прогнозами других центров.

Супрамолекулярная физика солнечно-земных связей: климатологические и биофизические аспекты

Авакян С.В.

*ВНЦ «Государственный оптический институт
им. С.И. Вавилова» Санкт-Петербург*

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра
Великого*

Предложена новая концепция солнечно-земных связей в периоды вариаций уровня солнечно-геомагнитной активности. До наших работ наиболее сложным являлось понимание физических механизмов воздействия на земные явления главных проявлений такой активности — увеличенных потоков рентгеновского и крайнего УФ излучения во время вспышек на Солнце и прихода на умеренные широты интенсивных потоков электронов

кэВ-энергий, выпадающих при мировых магнитных бурях из радиационных поясов. Как известно, все эти потоки проходят только до высот около 50-60 км и до нижней атмосферы не доходят.

В докладе представлены итоговые результаты недавних работ ВНИИ ГОИ по программе, предложенной в последнее десятилетие. Обоснована новая парадигма солнечно-магнитосферных – погодно-климатических и биосферных связей как раз для периодов наивысших проявлений активности: вспышек и геомагнитных бурь. Учитывается роль микроволнового излучения возмущённой ионосферы в регулировании содержания кластеров при конденсации паров воды в тропосферной облачности и ассоциатов из молекул жидкой воды в живом организме. Результаты расчётов на основе известных представлений атомно-молекулярной физики и физики электронно-атомных столкновений, выполненные впервые для конденсационно-кластерной дымки в зоне перистой облачности и для жидкой среды организма, сравнены с известными экспериментальными данными как для периодов геомагнитных бурь, так и для солнечных вспышек. Разработан новый подход к проблеме воздействия микроволнового излучения на окружающую среду: супрамолекулярная физика – это физика за пределами молекулы (молекулярного остова), в эволюции которой к сложным формам (кластерам, ассоциатам) принимает участие электромагнитное излучение внешнего происхождения, поглощаемое ридберговски возбуждёнными составляющими атомно-молекулярного комплекса с усилением его стабильности. Определены пути использования созданного инструментария в метеорологических и медицинских приложениях.

Результаты наблюдений спектральной короны мировой сеть корональных обсерваторий в 17-24 циклах активности

Алиев А.Х.¹, Гусева С.А.¹, Тлатов А.Г.^{1,2}

¹ *Кисловодская Горная астрономическая станция ГАО РАН*

² *КалмГУ, Элиста*

Регулярные наблюдения солнечной короны в линии 5303Å начались в 1939 г. в обсерватории Ароза (Швейцария, 1939-1974) и вскоре были организованы и на других обсерваториях: Pic du Midi (1945-1975), Climax (1942-1965), Sacramento Peak (1965-2015), Кисловодск (с 1957), Norikura (1951-2009), Lomninsky Stit (1965-2009). К сожалению, в 2009 г. были прекращены наблюдения в обсерваториях Norikura и Lomninsky Stit, а в сентябре 2015 в обсерватории Sacramento Peak. В тоже время, в КНР ведется строительство 2-х корональных обсерваторий, но к данному моменту они

еще не вступили в строй. Таким образом, в настоящее время единственной обсерваторией продолжающей наблюдения спектральной короны является Горная астрономическая станция ГАО РАН (ГАС).

В данной работе рассмотрены результаты работы мировой наблюдательной сети и выполнен сравнительный анализ данных различных корональных обсерваторий. На основании данных различных обсерваторий реконструирован индекс корональной активности за период 1939-2015 гг. в системе Кисловодска. Для этого была проведена оцифровка ежедневных карт интенсивности короны обсерваторий Sacramento Peak, Lomninsky Stit по данным журнала Solar-Geophysical Data, которые дополняют данные, других обсерваторий, ранее публиковавшиеся в Quarterly Bulletin of Solar Activity. Подтверждена однородность и непрерывность Кисловодских корональных рядов наблюдений, в том числе и для 24-го цикла активности.

Выполнено сравнение вариаций интенсивности солнечной короны по данным ГАС и по спутниковым наблюдениям SOHO/EIT и SDO/AIA. Показано, что наземные наблюдения обладают лучшей стабильностью, что является важным при изучении солнечной цикличности и для калибровки данных спутниковых наблюдений.

EMD-анализ случайных процессов в солнечной атмосфере

Анфиногентов С.А.^{1,2}, Колотков Д.Ю¹, Накаряков В.М.^{1,3}

¹*Centre for Fusion, Space & Astrophysics,
University of Warwick, UK*

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

³*Главная астрономическая обсерватория РАН*

В солнечных сигналах различных типов часто наблюдаются шумоподобные компоненты со спектральной плотностью зависящей от частоты по степенному закону (т.н. цветные шумы). Наличие и параметры этих фоновых «шумов» необходимо учитывать при исследовании квазипериодических колебательных процессов в атмосфере Солнца.

Среди различных алгоритмов спектрального анализа, все большую популярность набирает метод разложения на эмпирические моды (empirical mode decomposition (EMD)), в основном благодаря его адаптивной природе и возможности анализа нестационарных и модулированных временных рядов.

В докладе выявлены статистические свойства эмпирических мод, получаемых из синтетических цветных шумов. Разработана схема, позволяющая разделить шумовые компоненты и квазипериодические колебательные процессы среди мод, выделенных из реальных сигналов. Данная схема была опробована на наблюдениях вариаций солнечного излучения в фотосферном (1600 Å), хромосферном (304 Å) и корональном (171 Å) слоях по данным SDO/AIA. Показано, что вариации излучения на указанных длинах волн ведут себя случайным образом и могут быть описаны комбинацией цветных шумов с разными наклонами спектра. С другой стороны было обнаружено, что энергии мод, соответствующих хорошо известным трёхминутным колебаниям над пятном и глобальным пятиминутным колебаниям, значительно превышает уровень значимости 99%.

Топологическая диагностика связи полей давления и общего содержания озона в ходе солнечных протонных событий

Артамонова И.В.¹, Алексеев В.А.², Макаренко Н.Г.¹

¹*Главная Астрономическая Обсерватория РАН, С-Петербург,
e-mail: artirin@yandex.ru*

²*ЯрГУ им. Демидова, Ярославль, e-mail: thekindbeetle@gmail.com*

В работе рассматривается проблема оценки взаимной связи нескольких скалярных полей измеренных одновременно в одной и той же компактной области. Такой набор называют мульти-полями. Обычные вычисления корреляционной матрицы для полей дают глобальную оценку и не информативны. Хорошей альтернативой могут служить градиентные меры[1]. Они основаны на оценке числа пиксел, в которых градиенты полей параллельны или антипараллельны. Таким образом, мерой может служить сумма значений скалярных или векторных произведений градиентов. В случае трех и более полей можно использовать матричные нормы для якобиана. Другим вариантом служит так называемое поле Якоби. Им является замкнутое множество критических точек одной из функций при сужении ее на пересечение множества уровней всех остальных функций заданного набора мульти-полей[2]. Мы приводим результаты численного эксперимента для случая двух полей – геопотенциальной высоты на изобарическом уровне 300 гПа и общего содержания озона (ОСО) в северном полушарии в ходе солнечных протонных событий января 2005 года. Оценки связи по матричной норме показали усиление взаимодействия двух полей во время протонных событий 18 и 20 января. Заметим, однако, что градиентная мера содержит множитель, зависящий от модулей

градиентов. Поэтому, наблюдаемое увеличение связи может быть связано просто с изменением величины градиентов одного или обеих полей. Вычисление полей Якоби дают более разумную оценку: связь между полями уменьшается во время солнечных протонных событий. Удлиняются пути соединяющие точки экстремумов поля озона, проходящие по нормали к изолиниям геопотенциала. В докладе приводятся физические соображения, объясняющие полученные оценки

- [1] Nagaraj S., et al.//Comput.Graph.Forum, 2011, v. 30, p. 1101-1110.
- [2] Huettenberger L.,Garth C.//J. Bennet et al. (eds.), Topological and Statistical Methods for Complex Data,Mathematics and Visualization, 2015, Springer-Verlag, p 125

Heliospheric current sheet and geomagnetic field

Asenovski S.N.

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

The heliospheric current sheet (HCS), which separates the heliosphere into two regions with opposite magnetic field polarity, is modified by the solar activity - highly inclined during solar maximum and almost confined with the solar equatorial plane during solar minimum. Several studies shows that close to the HCS, solar wind parameters, as proton temperature (K), flow speed (km s^{-1}), proton density (cm^{-3}), etc. differ compared to the region far from the HCS [1, 2]. The Earth's magnetic dipole filed crosses HCS several times each month. Considering coronal mass ejections (CME) and high speed solar wind streams (HSS) free periods and using experimental data for the geomagnetic Dst and AE indeces obtained from the World Data Center for Geomagnetism, Kyoto University - Japan, L. Svalgaard's list of the sector boundaries in the solar wind and the data for the solar wind parameters for the last four solar cycles from OMNI data base, an investigation of the HCS influence on the geomagnetic field disturbances is presented.

- [1] Smith E.J. // J. Geoph. Res., 2001, v. 106, p. 15819.
- [2] Suess A.T., Ko Y.-K., R. von Steiger, Moore R.L. // J. Geoph. Res., 2009, v. 114, p. A04103.

**Поведение колб Фицроя
с натуральной (оптически активной) камфарой
при изменении космической погоды**

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

КрАО РАН, Научный, Крым

Влияние солнечной активности на земные процессы изучается разными методами. С середины 1995 г. в КрАО РАН ведется мониторинг (дважды в сутки) динамического индекса кристаллообразования DI в колбах Фицроя штормглассах). Это представители физико-химических систем с водой. Приборы изготовлялись в разное время с небольшими вариациями процедуры. Основной компонент – это рацематная аптечная камфара. Каждый из 10 экземпляров показывает в общем одинаковое поведение DI при сопоставлении с различными космическими индексами (Барановский и др., 2010), хотя реакция каждого экземпляра имеет свои мелкие отличия, исчезающие при сглаживании и нормализации данных. Вероятнее всего это вызвано минералогическим составом воды из разных источников в Крыму.

С середины 2012 г. дополнительно используются два штормгласса (шт. № 12 и № 13), изготовленные в Санкт-Петербурге по прежней технологии с натуральной (оптически активной) камфарой. В стандартных условиях поворот плоскости поляризации для раствора этой камфары в этаноле составляет +43.0 градуса.

Накопленные данные показали, что реакция приборов с оптически активной камфарой на возмущения космического или метеорологического происхождения показывают достаточно большую амплитуду DI и значительно большее количество мелких существенно различных деталей на кривой, хотя общая тенденция изменений сохраняется. В основе лежит известное наблюдение, что слабые магнитные поля оказывают селективное воздействие на протекание радикальных химических реакций. В основе различной чувствительности колб Фицроя с рацематной и натуральной камфарой лежат процессы на атомно-молекулярном уровне.

**Статистические исследования корональных выбросов
массы и корональных дыр**

Биленко И.А.

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

Корональные выбросы массы и корональные дыры являются важнейшими факторами определяющими космическую погоду на орбите Земли и геомагнитную активность. Одной из главных целей изучения этих явлений является выявление критериев и параметров необходимых для надежного прогнозирования состояния плазмы в околоземном космическом пространстве и для построения моделей воздействия солнечной активности на геомагнитную активность.

К настоящему времени с помощью как наземных, так и космических обсерваторий получен огромный наблюдательный материал, позволивший выявить многие закономерности формирования и эволюции этих явлений. Созданы различные базы данных и каталоги, дающие возможность проводить надежные статистические исследования.

В предлагаемом обзоре представлено современное состояние в области исследования статистических параметров корональных выбросов массы и корональных дыр как отдельных проявлений солнечной активности, так и их взаимного влияния на геомагнитную активность.

В последнее время большое внимание уделяется изучению взаимосвязи между крупномасштабными магнитными полями корональных дыр и корональных выбросов массы. В ряде работ было показано, что направление распространения корональных выбросов массы не является всегда строго радиальным, что свидетельствует о влиянии на них окружающей корональной структуры магнитного поля. Выявлены статистические закономерности влияния корональных дыр на направление распространения корональных выбросов массы, а следовательно и на их геоэффективность.

О методике прогнозирования солнечной активности на основе радионаблюдений и сопутствующих данных других диапазонов

*Богод В.М.¹, Свидский П.М.², Курочкин Е.А.¹,
Петерова Н.Г.¹, Тохчукова С.Х.¹, Шендрик А.В.¹,
Эверстов Н.П.³*

¹ Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Н. Архыз, КЧР

² Институт прикладной геофизики Госкомгидромет, г. Москва

³ Университет информационных технологий, механики и оптики,
г. Санкт-Петербург

Предлагается к реализации методика прогнозирования вспышечной активности, основанная на спектрально-поляризационных наблюдениях

активных областей (АО) в микроволновом диапазоне с привлечением фотосферных измерений, ультрафиолетовых и рентгеновских данных. Дополнительно, используются данные спутника GOES и данные мониторинга. Методика рассчитана на краткосрочный 1–3 дневный прогноз вспышек. Протонные события рассматриваются как часть общей проблемы вспышек. Получение достоверного прогноза представляет собой сложный процесс ввиду многопараметрической и многомерной системы изменения параметров плазмы и многих нелинейных взаимосвязей. В нашем случае мы стараемся использовать радиоастрономические оценки по зарождению предвспышечной ситуации за счет подробного анализа спектров интенсивности и поляризации излучения АО с высокой чувствительностью по потоку излучения. Оперативные оценки с других диапазонов спектра получаемые как наземными, так и спутниковыми обсерваториями повышают эффективность прогнозирования.

**Применение методики фликкер-шумовой
спектроскопии для идентификации геоэффективной
солнечной активности по вариациям потока
космических лучей**

***Борог В.В., Ампилогов Н.В., Дмитриева А.Н.,
Ковыляева А.А.***

*Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,
Москва, Каширское шоссе, д.31, e-mail: V.V.Borog@terph.ru*

В работе использован метод фликкер-шумовой спектроскопии для идентификации различных высокоэнергичных явлений, происходящих на Солнце и в гелиосфере. Процессы, типа генерации солнечных протонов высокой энергии (СКЛ) или эрупции и распространения корональных выбросов массы (КВМ) в межпланетном пространстве, приводят к кратковременным вариациям как общего потока космических лучей (КЛ), так и вторичных мюонов, рожденных в атмосфере и достигающих уровня земли. Эффекты «всплесков» и модуляций при высокой энергии мало заметны и в большинстве случаев скрыты в статистически зашумленном временном потоке излучения, регистрируемого с помощью наземных нейтронных мониторов и мюонных годоскопов.

Приводится методика анализа и примеры идентификации СКЛ и КВМ во время 24-го солнечного цикла. В большинстве случаев идентификация КВМ сопровождается предиктором. Разработанный метод применим для анализа широкого круга различных астро- гелио- и геофизических временных процессов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 16-05-00997.

Реконструкция столетнего ряда солнечных волокон по данным ежедневных наблюдений

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

¹ Кисловодская Горная астрономическая станция ГАО РАН

² КалмГУ, Элиста

Представлены предварительные результаты оцифровки солнечных волокон по данным архивов ежедневных наблюдений в линии Н-альфа обсерватории Кодайканал (1912-1999), а также архивов обсерваторий Медон (1980-2015), Канцельхое (2000-2015), Сакраменто Пик (1962-2000).

Для выделения границ солнечных волокон разработаны методы, основанные как на автоматических процедурах выделения слабоконтрастных объектов на солнечном диске, так и редактировании границ выделенных структур в полуавтоматическом режиме.

Выполнен анализ характеристик солнечных волокон. В частности показано, что максимум распределения волокон по широте находится несколько выше ($\theta \sim 25 - 30^\circ$), чем максимум распределения солнечных пятен ($\theta \sim 14 - 17^\circ$). Распределение числа волокон в зависимости от площади и длины близко к логнормальному распределению. Построены широтные диаграммы распределения числа волокон в 15-24 циклах активности.

Широтные профили фотосферного магнитного поля

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

Для различных групп фотосферных магнитных полей, отличающихся по напряженности, получены усредненные за период 1976–2003 гг. синоптические карты (данные обсерватории Китт Пик). Широтные профили магнитных полей рассмотрены на основе усредненных синоптических карт отдельно для каждого интервала напряженности шириной $B = 5$ Гс (0–5 Гс, 5–10 Гс и т.д.). Обнаружены характерные гелиошироты (5° , 40° и 60°), разделяющие области локализации магнитных полей разной величины.

Наиболее значительные изменения широтной структуры магнитных полей наблюдаются для относительно слабых полей ($B < 50$ Гс). Широтные распределения более сильных полей практически не зависят от

интенсивности и определяются локализацией солнечных пятен. Широтные распределения магнитных полей $B < 5$ Гс и $B > 10$ Гс изменяются по широте в противофазе. Временные изменения этих групп полей также происходят в противофазе: поля $B > 10$ Гс следуют за солнечным циклом, самые слабые поля $B < 5$ Гс достигают максимума в минимуме солнечной активности.

Совершенно особый вид имеет широтный профиль полей $5 < B < 10$ Гс: он практически не изменяется от -60° до $+60^\circ$ и резко возрастает к полюсам. Следует отметить, что из магнитных полей разной интенсивности именно группа 5–10 Гс вносит наибольший вклад в общий поток магнитного поля Солнца.

Роль электронов и электрических полей в короне и солнечном ветре

Веселовский И.С.^{1,2}, Лукашенко А.Т.¹

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

² *Институт космических исследований РАН, Москва, e-mail: veselov@dec1.sinp.msu.ru*

Иногда полагают, что электроны в силу их малой массы менее важны по сравнению с ионами в динамике солнечного ветра [1], а электрическими полями в грубом приближении можно пренебречь по сравнению с действием магнитных полей [2]. Однако это не так. Электроны, обладая большой подвижностью, во-первых, обеспечивают приблизительную квазинейтральность при расширении корональной плазмы в межпланетном пространстве, оставаясь при этом дозвуковой и доальвеновской составляющей плазмы. Во-вторых, электроны в целом ряде случаев оказываются основными носителями энергии, более важными в этом отношении, чем ионы и электромагнитные поля. В-третьих, электроны, а не ионы могут являться основными переносчиками электрического тока.

В целом электроны обеспечивают существенное отличие в макроскопическом поведении рассматриваемой среды от простой газовой динамики и магнитной гидродинамики. Перенос энергии электронами, наряду с другими механизмами генерации солнечного ветра, в том числе тепловыми и волновыми, может отвечать за разнообразие наблюдаемых типов солнечного ветра.

Вместо известной усеченной BV парадигмы Паркера вводится в рассмотрение физически более полная и хорошо обоснованная BVE парадигма, согласно которой электрическое поле E играет при описании большинства явлений на Солнце и в гелиосфере далеко не второстепенную, а принципиально важную роль наряду с магнитным полем B и полем скоростей V .

- [1] Marsch E. // Living Rev. Solar Phys., 2006, v. 3, № 1, cited 30.08.2015.
- [2] Parker E.N. Conversations on Electric and Magnetic Fields in the Cosmos // Princeton University Press, Princeton, NJ USA, 2007.

Переключение динамических режимов синхронизации и управления между полушариями Солнца

Волобуев Д.М., Макаренко Н.Г.

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

Активность Солнца, выраженная площадями пятен, развивается неравномерно в Северном и Южном полушариях. Этот эффект особенно заметен на ветви спада и в эпоху минимума 11-летнего цикла. В данной работе, используя технику хаотической динамики, мы рассчитываем индексы связи между полушариями в скользящем временном окне 4 года из Гривичских индексов ежедневных площадей пятен. Удалось выделить периоды синхронизации и управления в динамической игре двух полушарий. Так, оказалось, что в течение высоких циклов 21 и 22 полушария были синхронизированы. В соседних, более низких циклах (20 и 23), наблюдались выраженные «всплески управления» одного полушария другим. Такое управление наблюдается в основном на ветви спада 11-летнего цикла. Однако, оно проявляется не в каждом цикле: пропуски между «всплесками» составляют от одного до трех 11-летних циклов с синхронной активностью полушарий и неопределимым направлением связи. Возможно, такие «всплески управления» являются одним из признаков сильных солнечных протонных событий произошедших в циклах 20 и 23 и отсутствовавших в циклах 21 и 22.

**Восстановление полярности ММП по данным
магнитометрических наблюдений на Кисловодской
астрономической станции**

**Вохмянин М.В.¹, Понявин Д.И.¹, Дормидонтов Д.В.²,
Тлатов А.Г.²**

¹СПбГУ, С.-Петербург, e-mail: m.vokhmyanin@spbu.ru

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

Характер геомагнитных возмущений зависит от межпланетного магнитного поля (ММП) солнечного ветра. Таким образом, по геомагнитным данным можно реконструировать его параметры. Полярность ММП — направление поля от или к Солнцу — можно восстанавливать благодаря тому, что азимутальная компонента ММП, совпадающая по знаку с полярностью, вызывает асимметрию продольных ионосферных токов относительно полуденно-полночного меридиана. Соответствующий эффект наблюдается в вариациях геомагнитного поля на средних широтах [1], и в частности на Кисловодской горной астрономической станции ГАО РАН (магнитная широта 39.6° N). Для настройки метода восстановления полярности использовались данные Тбилиси (37.9° N), ближайшей к Кисловодской обсерватории станции, обладающей продолжительным рядом наблюдений (с 1957 по 2001 года). Восстановленная по данным Кисловодского магнитометра среднесуточная полярность совпадает с реальной в 69 ± 6 % случаев (за 2009–2015 года). Таким образом, совместно с наблюдениями крупномасштабного магнитного поля Солнца геомагнитные данные Кисловодской обсерватории позволяют непрерывно и автономно следить за полярностью ММП вне зависимости от работоспособности околоземных спутников.

- [1] Vokhmyanin, M. V., and D. I. Ponyavin // Geophysical Research Letters, 2013, v. 40(14), p. 3512–3516, DOI: 10.1002/grl.50749.

GLE и атмосферный водяной пар

Галкин В.Д., Никанорова И.Н.

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

Рассмотрено поведение атмосферного водяного пара во время наземных возрастаний (GLE) для 12 событий 23 цикла солнечной активности. Используются данные по измерению водяного пара, полученные в метеорологической обсерватории г. Линденберга (Германия) с помощью микроволнового радиометра, микроволнового радиометра-профайлера и GPS. Временное разрешение микроволновых радиометров составляло 10 минут, GPS — 1 час. Изменение содержания водяного пара было сопоставлено с поведением космических лучей, регистрируемых нейтронным монитором (Московский нейтронный монитор).

Предварительный вывод состоит в том, что вблизи максимума активности слабых GLE имеет место некоторое кратковременное уменьшение содержания водяного пара (на несколько процентов в семи случаях), а для самых сильных GLE (GLE 59, GLE 60, GLE 69, GLE 70) после максимума GLE дополнительно наблюдается более длительное уменьшение — в течение нескольких часов.

About the recalibration of the sunspot record

Georgieva K.¹, Kilcik A.², Kirov B.¹

¹*Space Research and Technology Institute, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria*

²*Akdeniz University, Antalya, Turkey*

The number of sunspots is the longest record of direct measurement of solar activity, and is widely used in studies of both the Sun, and the solar-terrestrial influences. Sunspots have been instrumentally recorded after the invention of the telescope for a period of more than four centuries by a great number of observers with different instruments, observational methods, and personal skills, so compiling all these observations into a single dataset is not a trivial task. Until recently, the “official” sunspot number was the International sunspot number, Ri. In July 2015 Ri was replaced by a new entirely revised and recalibrated data series. This recalibration caused great confusion, and was not unanimously accepted. Here we compare the temporal evolution of various measures of solar activity utilized in the creation of the new sunspot number series, and comment on the reliability of this recalibration.

Эволюция активной области и модель всплывающей трубки

Гетлинг А.В.

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

По наблюдениям на инструменте Helioseismic and Magnetic Imager (HMI) Обсерватории солнечной динамики (Solar Dynamics Observatory, SDO) исследуется развитие активных областей (АО) с целью прояснения вопроса об адекватности модели всплывающей трубки (МВТ) сильного магнитного поля как модели механизма пятнообразования. Для этого используются Spaceweather HMI Active Region Patches (SHARPs) —наборы данных, включающие оптические изображения, полновекторные магнитные поля и поля вертикальных скоростей, автоматически рассчитываемые для выбранной АО в цилиндрической равновеликой проекции Ламберта.

В частности, проанализированы данные наблюдений АО 12548 20–26 мая 2016 г. Как и в ранее исследованной магнитной подобласти АО 11313, наблюдавшейся 9–10 октября 2011 г. [1, 2], выявлена хорошая скоррелированность распределений величин вертикальной (B_v) и модуля горизонтальной ($|\mathbf{B}_h|$) компоненты магнитного поля, а также характерная черта этих распределений, названная в [2] эффектом окаймления. Оба эти обстоятельства противоречат представлениям, основанным на МВТ. Более того, векторные поля компоненты $\mathbf{B}_h$ прямо указывают на отсутствие такого сильного горизонтального поля, которое наблюдалось бы при всплытии вершины петли силовой трубки. Отсутствуют также заметные вертикальные потоки вещества между растущими головным и хвостовым пятном группы. Более того, мелкомасштабные восходящие и нисходящие течения там перемешаны, и на начальном этапе эволюции преобладают нисходящие. Таким образом, подобная картина эволюции АО находится в резком противоречии с очевидными предсказаниями МВТ.

- [1] Getling A.V., Ishikawa R., Buchnev A.A. // Adv. Space Res., 2015, v. 55, p. 862.
- [2] Getling A.V., Ishikawa R., Buchnev A.A. // Solar Phys., 2016, v. 291, p. 371.

**Идентичность температурных свойств корональной
дыры над северным полюсом Солнца
и экваториальных корональных дыр на фоне
спокойного Солнца**

Голубчина О.А.

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

Работа посвящена анализу температурных характеристик полярной, среднеширотных и низкоширотных корональных дыр (КД) на Солнце в см-диапазоне длин волн. В работе использованы данные наблюдений полярной КД, полученные во время солнечного затмения 29.03.06 г. на РАТАН-600, данные наблюдений, выполненных ранее на БПР и РАТАН-600 среднеширотных, низкоширотных КД, а также спокойного Солнца. Показано, что совпадение ряда температурных характеристик сантиметрового радиоизлучения среднеширотных, низкоширотных КД и полярной КД над северным полюсом Солнца свидетельствует об идентичности температурных свойств крупных КД независимо от способа их организации и места расположения на Солнце.

Магнитные поля одиночных пятен в 2010–2011 годах

Гопасюк О.С.

*Крымская астрофизическая обсерватория РАН, Республика Крым,
Россия e-mail: olg@crao.crimea.ru*

Проведено исследование структуры магнитного поля одиночных пятен. Для анализа были использованы магнитограммы продольного поля и изображения активных областей в континууме, полученные на SDO/HMI. Были отобраны пятна, проходившие по диску Солнца в период с июня 2010 г. по январь 2011 г. и сохранявшие правильную форму тени и полутени в течение 4–7 дней. В структуре магнитного поля пятен наблюдалась восточно-западная асимметрия. Наличие асимметрии связано с наклоном магнитной оси силовых линий магнитного поля пятен к нормали к поверхности Солнца. Угол наклона оси составил $2\text{--}4^\circ$ к западу независимо от гелиошироты, на которой находились пятна.

Макроскопические МГД структуры солнечного ветра в окрестности границы магнитосферы Земли

Гриб С.А.

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

Известно наличие различного типа магнитогидродинамических (МГД) сильных разрывов, возникающих в магнитослое после прихода в околоземное пространство разрывных структур солнечного ветра типа магнитных облаков, бегущих ударных волн, магнитных дыр и тангенциальных разрывов. Разрывы, возникающие в магнитослое, могут быть как прямыми, так и обратными по отношению к Солнцу, а их параметры определяются из решения задачи Кочина-Римана о распаде произвольного разрыва для головной ударной волны. С физической и математической точки зрения рассматривается возникновение плазменной неоднородности типа плато с возрастанием плотности частиц и падением величины магнитного поля в магнитослое под влиянием вращательного разрыва солнечного ветра. Обсуждается механизм генерации обратной ударной волны как в плазме магнитослоя, так и внутри магнитосферы (Samsonov et al., 2003; 2007), в зависимости от параметров ударной волны солнечного ветра, преломлённой в магнитослой. Полученные при расчётах результаты сравниваются с данными космических аппаратов типа Double Star TC1 и Cluster SC3.

Указывается также на возможность возникновения плазменной неоднородности, похожей на плато, в потоке солнечного ветра за головной ударной волной перед магнитным облаком и на существование составных МГД разрывов при переходе одного эволюционного разрыва в другой. Подчёркивается разница между наклонным случаем со стационарным контактным разрывом и фронтальным взаимодействием разрывов в присутствии поперечного магнитного поля с возникновением стационарного тангенциального разрыва. Работа осуществлялась в рамках Программы П-7 Президиума РАН и при частичной поддержке грантом РФФИ 14-01-00335а.

**Вспышечно-активная группа АО 11476 10 мая 2012 года
с регистрацией солнцетрясения**

Григорьева И.Ю.¹, Лившиц М.А.²

¹*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория,
С.-Петербург, e-mail: irinaga@gmail.com*

²*ИЗМИРАН (МО, Троицк, Россия), e-mail: maliv@mail.ru*

Рассматриваются явления в группе пятен, площадь которой превысила 800 мдп, и с 6 мая по 18 мая 2012 г. произошло очень много субвспышек и несколько М-вспышек. Обычно солнцетрясения возникают или в самых мощных центрах активности, где они связаны с импульсным воздействием ускоренных частиц или горячей плазмы на плотные слои хромосферы, или связаны с формированием и выбросом плазменного жгута с током. 10 мая после всплытия поля в тени одного из пятен произошло явление промежуточного типа — в момент близкий к началу взрывного испарения сигмOID начал развиваться, но последующего выброса жгута не произошло. В докладе рассматриваются вспышки C 1.4, C 7.9 и M 1.7, произошедшие в 00:10 UT, 05:04 UT и в 20:20 UT, соответственно. Обращается внимание на связь изменений на уровне фотосферы (данные SDO/HMI, Hinode_SOT) с уярчениями в диапазоне 1700-1600 Å (SDO/AIA) и процессами в нижней части хромосферы в EUV-диапазоне (SDO/AIA). Во вспышке 10 числа после 04:11 UT возмущение распространялось от пятна вдоль нейтральной линии в виде колебательного процесса. Для других вспышек в этот день характерно то, что относительно более жёсткие события возникают вблизи пятен. Мы предполагаем, что окончательному формированию и усилению плазменного жгута с током препятствовала сильная неустойчивость процессов, характерная для этой области в период максимума её развития.

Прогноз глобального электронного содержания в ионосфере в процессе развития геомагнитной бури

Гуляева Т.Л.

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

Глобальное содержание электронов ГЕС в ионосфере и плазмосфере Земли вычислено по картам полного содержания электронов GIM-TEC с сентября 1998 г по 2016 г. По данным ГЕС методом сферического гармонического анализа со скользящим окном в 96 ч определено спокойное состояние ГЕС_q и относительные отклонения dГЕС за каждый час, нормированные на ГЕС_q. Построена аналитическая модель отклонений dГЕС для ряда ионосферно-геомагнитных бурь за 1999-2015 гг в зависимости от АЕ индекса авроральной электроструи и D_{st} бурь кольцевого тока. На примере интенсивной бури за 13-14 марта 1989 г, произошедшей в эпоху до появления регулярных наблюдений за сигналами навигационных спутников и соответственно карт GIM-TEC и ГЕС, показана возможность применения предложенной модели для прогноза вариаций ГЕС в процессе развития геомагнитной бури.

Планетарное изменение пороговых жесткостей космических лучей в максимуме мощной бури

Данилова О.А.

СПбФ ИЗМИРАН, Санкт-Петербург

Были рассчитаны жесткости обрезания космических лучей в модельном поле магнитосферы Цыганенко Ts01 для минимума Dst-вариации мощной магнитной бури в ноябре 2003 г. по широтно-долготной сетке 5×15 . Проведено сравнение с расчетами жесткостей обрезания, полученными Шей и Смарт для спокойного периода на эпоху 2000 г. Сделан анализ полученных результатов. Определены области наибольших отклонений от спокойного периода.

Солнечная радиация и изменение климата на временных масштабах небольшой продолжительности

Дергачев В.А.

*Физико-Технический институт им А.Ф. Иоффе РАН,
Санкт-Петербург, Россия*

Одним из физических факторов, определяющим основные характеристики глобального климата Земли, является приходящая от Солнца энергия, т.е. солнечная радиация. Поток солнечной радиации, приходящий к Земле, постоянно меняется под действием двух причин: а) изменения активности Солнца во времени и б) изменения орбитальных параметров Земли (эксцентриситета, угла наклона земной оси к перпендикуляру к плоскости эклиптики и прецессии земной оси). В большинстве опубликованных работ по исследованию изменений земного климата во времени, наибольшее внимание уделяется циклическим вариациям солнечной активности длительностью от нескольких лет, десятилетий, до столетий и более.

Поскольку ледниковые и межледниковые периоды связывают с мультисекулярными изменениями орбитальных параметров Земли, то кратковременные изменения этих параметров и последующие климатические эффекты на десятилетних — столетних шкалах предполагаются несущественными по сравнению, например, с антропогенным воздействием, активно обсуждаемым последние десятилетия. Следует отметить, что орбитальная теория изменения климата ещё не позволяет объяснить размах кратковременных климатических вариаций. Причины многолетней изменчивости климата до сих пор являются предметом научных дискуссий. Мы

недостаточно хорошо изучили закономерности, которые управляют слабыми изменениями в солнечной радиации, в частности, влияние изменений прецессии земной оси на климат. Движением Земли вокруг Солнца и наклоном земной оси к плоскости этого движения определяются изменения климата в течение года – смена времён года.

Количество солнечной радиации в некоторой точке Земли зависит от широты, времени года, положения Земли на её орбите относительно Солнца. Поскольку орбита Земли не абсолютно круглая, а слегка эллиптическая, то существует время, когда Земля находится ближе (дальше) всего к Солнцу, т.е. в перигелии (афелии), и, следовательно, получает от Солнца больше (меньше) радиации, чем в другое время. Точка перигелия медленно движется вокруг Солнца. После каждого оборота Земли вокруг Солнца точка перигелия сдвигается немного в другое место и немного в другое время. Каждые 57-58 лет дата перигелия сдвигается на один день. Если соотнести начало промышленной революции на 1750 год, то за прошедшие более чем 250 лет дата перигелия сдвинулась больше, чем на четыре дня. В результате, полный солнечный поток должен был увеличиться более, чем на 0.24%. Существенно это или нет по сравнению с антропогенным потеплением?

Ось Земли не остаётся наклонённой в том же самом направлении (из-за влияния Луны на экваториальную выпуклость Земли её ось медленно колеблется). Меньший наклон оси означает, что как северный, так и южный полюса Земли получают меньше солнечного тепла летом и больше зимой. Результатом являются более мягкие зимы и более прохладные лета для обоих полушарий. Т.о., контрастность сезонных различий зависит от вариаций угла наклона земной оси. И, наконец, чем меньше эксцентриситет и чем круглее орбита, тем меньше разница в количестве тепла, которое Земля получает от Солнца в разные времена года. И чем больше эксцентриситет, тем больше амплитуда изменений. Этот дополнительный естественный механизм изменения климата, связанный не только с мультитысячелетним, но и с многолетним изменением орбитальных параметров, даёт вклад в изменение климата в существующую эпоху.

Образование, эволюция и вспышечная продуктивность активной области

Дивлекеев М. И.

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

11 июля текущего года из-за восточного края диска Солнца вышла активная область с крупным пятном, которой присвоили номер NOAA 12565. 12 июля появилась другая безпятенная область, локализованная примерно на десять градусов восточнее первой, которой впоследствии дали номер NOAA 12567. В данном сообщении излагаются результаты исследования эволюции и вспышечной активности этих областей и их взаимодействие. Используются изображения Солнца в свете разных линий по данным космической обсерватории SDO. Показано, что мощные вспышки происходят между этими активными областями, а место первичного энерговыделения и выброса массы находится внизу в хромосфере или даже фотосфере.

Циклические изменения климата в эпоху плейстоцена

Дергачев В.А., Дмитриев П.Б.

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской
академии наук, Санкт-Петербург, e-mail: paul.d@mail.ioffe.ru*

Исследован неравномерный временной ряд измерений процентного содержания биогенного кремния в образцах двух объединенных кернов BDP-96-1 и BDP-96-2 со дна озера Байкал, пробуренных на глубине 321 метра под водой [1]. Объединенная «толща» кернов составила 77 метров и охватывает по времени эпоху плейстоцена до 1.8 млн. лет назад. Временной ряд был приведен к равномерному виду с временным шагом тысяча лет, что позволило при помощи спектрально-временного анализа выявить в нем четкие квазипериодические осцилляции величиной: ≈ 19 , ≈ 23 , ≈ 41 , ≈ 75 , ≈ 92 , ≈ 120 и ≈ 218 тыс. лет.

Особое внимание было уделено изучению временного изменения параметров выявленных квазипериодических компонентов на протяжении эпохи плейстоцена путем построения спектральной плотности исследуемых данных в скользящем временном окне величиной: 500, 700 и 900 тыс. лет. Осцилляция ≈ 41 тыс. лет очень четко проявляется и сохраняется на протяжении полутора миллионного периода и, следовательно, может быть результатом орбитальных воздействий на климат Земли. В то время как незначительная осцилляция ≈ 83 тыс. лет едва проявляется от 1.5 до 1.2 млн. лет в прошлом, а затем как бы расщепляется на две мощные составляющие ≈ 75 и ≈ 92 тыс. лет, которые существуют до конца плейстоцена. Остальные осцилляции эпизодически проявляются в различное время данной эпохи на достаточно непродолжительное время соизмеримое с их длительностью.

- [1] Prokopenko, A.A., Hinnov L.A., Williams D.F., Kuzmin, M.I. Orbital forcing of continental climate during the Pleistocene: a complete astronomically tuned climatic record from Lake Baikal, SE Siberia // Quaternary Science Reviews, 2006, Vol.25, pp.3431-3457.

**Вариации фотосферного магнитного поля,
сопровождающие эруптивное событие 07.06.11**

Егоров Я.И., Файнштейн В.Г., Руденко В.Г.

*ИСЗФ СО РАН, 664033, г. Иркутск, а/я-291,
e-mail: egorov@iszf.irk.ru*

По данным векторных измерений фотосферного магнитного поля инструментом SDO/HMI исследованы изменения поля в области эруптивного события 7 июня 2011 г., связанного с эрупцией волокна (ЭВ), вспышкой и корональным выбросом массы. Анализировались вариации модуля (B), радиальной (B_r) и поперечной (B_t) компоненты магнитной индукции, а также угла наклона (α) силовых линий поля к радиальному направлению из центра Солнца. Сделан вывод, что наиболее вероятная причина начала ЭВ, которая является триггером связанных вспышки и КВМ, а также 1-го этапа резкого ускорения волокна является «magnetic flux cancellation» в нескольких местах внутри и вокруг канала волокна. Предположено, что вспышка и этап самого быстрого ускорения волокна связаны с появлением пятна рядом с юго-восточной ногой волокна, полярность и величина поля в котором удовлетворяли возможности магнитного пересоединения этого поля с окружающим волокно полем. Впервые детально изучены вариации углов наклона силовых линий поля со временем в разных участках эруптивного события. Обнаружено, что в период медленного подъема волокна в окрестности его канала происходит уменьшение углов наклона линий поля, а в области вспышки в окрестности нейтральной линии после начала вспышки углы наклона линий поля резко возрастают. Показано, что вспышечные ленты на всех этапах своего существования находятся над участками фотосферы с локальными максимумами модуля поля и с минимумами углов наклона линий поля. Показано, что вблизи линии раздела полярности (ЛРП) фотосферного магнитного поля азимут после начала вспышки уменьшается, что означает уменьшение угла β между ЛРП и проекцией вектора магнитной индукции на плоскость неба. Вдали от ЛРП, наоборот, азимут увеличивается, и, соответственно, угол β также увеличивается.

Модель переноса крупномасштабных флуктуаций магнитного поля и скорости в солнечном ветре

Ерофеев Д.В.

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

Предлагается модель переноса крупномасштабных (>1 Мм) флуктуаций в солнечном ветре. Модель позволяет описать основные свойства угловых распределений межпланетного магнитного поля, наблюдавшихся в разных областях гелиосферы и на разных фазах солнечного цикла. Особенностью предлагаемой модели является то, что возмущения магнитного поля и скорости моделируются в виде локальных искривлений силовых линий и линий тока, которые переносятся течением невозмущенного солнечного ветра. Так как течение СВ происходит вдоль кривых линий (спирали Паркера), чисто кинематический перенос локальных искривлений силовых линий приводит к их прогрессирующим нелинейным искажениям. Модель также включает процесс диссипации крупномасштабных флуктуаций (за счет их трансформации в более мелкомасштабные), который может приводить к частичной компенсации нелинейных искажений и затуханию возмущений. Кроме того, учитывается присутствие устойчивого меридионального градиента скорости на низких гелиоширотах в эпохи минимумов солнечной активности.

Сравнение модели с экспериментальными данными дает следующие результаты. Сильно асимметричные угловые распределения ММП, наблюдавшиеся КА *Ulysses* на высоких гелиоширотах в периоды низкой солнечной активности, удовлетворительно описываются уже кинематической частью модели, без учета диссипации. При наличии в гелиосфере сильных неоднородностей (высокая солнечная активность или низкоширотная зона при низкой активности) нужно учитывать взаимодействия кинематического расширения и диссипации, которое приводит к нескольким следствиям. Во-первых, флуктуации магнитного поля становятся ориентированными преимущественной ортогонально среднему магнитному полю, т.е. диссипация в данном случае действует аналогично процессу преломления волн. Во-вторых, существенная диссипация приводит к относительно небольшой асимметрии распределений азимутальных углов ММП. Эти выводы согласуются со свойствами угловых распределений ММП, которые наблюдаются при высокой солнечной активности. В-третьих, наличие меридионального градиента скорости на низких широтах в минимумах активности вызывает корреляцию между радиальной и вертикальной компонентами магнитного поля. В-четвертых, совместное действие всех трех факторов (радиального распространения, диссипации и широтного градиента скорости) приводит к преимущественному затуханию возмущений,

ориентированных под определенными углами к плоскости гелиоэкватора, то есть к поляризации поперечных флуктуаций ММП. Этим объясняется корреляция между флуктуациями азимутального угла и наклона вектора ММП, которая имеет место на низких гелиоширотах в эпохи минимумов солнечной активности.

Низкочастотные колебания солнечных пятен по данным SDO

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

*Главная (Пулковская) Астрономическая Обсерватория,
С.-Петербург, e-mail: maklimur@gmail.com*

Показана возможность фильтрации орбитального артефакта в магнитных данных SDO/HMI. Это открывает новые перспективы в изучении низкочастотных колебаний магнитного поля солнечных пятен на обширном наблюдательном материале высокого пространственного разрешения. Предварительные результаты обработки нескольких пятен показали, что получаемые на основе этих данных периоды собственных колебаний магнитного поля пятен хорошо соответствуют функциональной зависимости периода колебаний от напряженности магнитного поля пятна, которая ранее была установлена по данным SOHO/MDI.

Дифференциальное вращение Солнца по данным SDO

Живанович И.^{1,2}, Риехокайнен А.², Соловьев А.А.¹,
Ефремов В.И.¹

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

² Санкт-Петербургский государственный университет,
С.-Петербург

³ University of Turku, FI-20014, Turku, Finland

Данные, получаемые с инструмента HMI на борту космического аппарата SDO имеют угловое разрешение 1 угловую секунду. Благодаря этому на солнечном диске есть возможность исследовать различные мелкомасштабные структуры.

Используя ряд наблюдений инструмента HMI длиной в 2 часа, с помощью эффекта p2p, была получена кривая дифференциального вращения Солнца и проведено ее сравнение с кривыми, полученными ранее в том числе и по наземным наблюдениям.

Меняются ли характеристики магнитного поля в тени солнечных пятен во время вспышек и корональных выбросов массы?

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

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

² Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук, Иркутск

Обнаружены вариации характеристик магнитного поля в тени солнечных пятен в Активных Областях (АО), в которых возникают эруптивные события (солнечные вспышки, корональные выбросы массы (КВМ)). Показано, что в группе пятен после начала вспышки, — или времени, близкому к началу эруптивного события, — происходит изменение поведения модуля магнитной индукции, минимального $\alpha_{min-L,F}$ и среднего $\langle \alpha_{L,F} \rangle$ в пределах тени углов наклона силовых линий магнитного поля к радиальному направлению из центра Солнца в тени пятен. Так, например, по наблюдениям вариации углов в исследуемых АО в течение ~ 3 часов

до и после начала солнечной вспышки/эрупции было обнаружено, что в за несколько часов до ее начала в тени пятен, близко расположенных к «ногам» эруптивного жгута сформировавшегося впоследствии КВМ наблюдается увеличение угла $\alpha_{min-L,F}$ до больших значений (от 4° до 10°) с последующим сильным его уменьшением в течении 1 – 3 часов после начала вспышки до малых значений ($\leq 1^\circ$). В то время как угол $\langle \alpha_{L,F} \rangle$ изменяется существенно более слабо. Это означает, что магнитная трубка, связывающая два типа пятен, после начала вспышки отклоняется от первоначального положения почти как целая, т.е. без существенной трансформации распределения силовых линий магнитного поля внутри трубки.

Сравнительный анализ магнитных свойств и площади тени ведущих и замыкающих пятен с различной асимметрией связывающего их магнитного поля

Загайнова Ю.С.¹, Обриджо В.Н.¹, Файнштейн В.Г.²

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

²*Институт солнечно-земной физики Сибирского отделения Российской академии наук, Иркутск*

Сопоставлены магнитные свойства и площади тени магнитно-связанных ведущих и замыкающих пятен двух типов: в одних парах угол наклона силовых линий поля к радиальному направлению из центра Солнца больше в ведущем пятне по сравнению с замыкающим, и в других парах, наоборот, угол наклона линий поля больше в замыкающих пятнах. В качестве характеристик угла наклона линий поля использовались минимальный и средний в пределах тени угол: $\alpha_{min-L,F}$ и $\langle \alpha_{L,F} \rangle$ (индексы L и F относятся, соответственно, к ведущим и замыкающим пятнам). В качестве магнитных характеристик пятен использовались максимум магнитной индукции в тени пятна $B_{max-L,F}$ и среднее значение поля $\langle B_{L,F} \rangle$. Показано, что с ростом площади тени S как ведущих, так и замыкающих пятен в обеих группах пятен с разной асимметрией магнитного поля, связывающего пятна, значения $B_{max-L,F}$ и $\langle B_{L,F} \rangle$ возрастают, а углы $\alpha_{min-L,F}$ и $\langle \alpha_{L,F} \rangle$ уменьшаются. Соответственно, с увеличением $\alpha_{min-L,F}$ и $\langle \alpha_{L,F} \rangle$ магнитное поле, в среднем, в тени пятна уменьшается. В тоже время при детальном рассмотрении все полученные зависимости для ведущих и замыкающих пятен различаются для пятен

с разной асимметрией связывающего их магнитного поля. Для магнитно-связанных пятен с разной асимметрией связывающего их магнитного поля сделан предварительный вывод, что нейтральная линия, разделяющая ведущее и замыкающее пятна, различным образом располагается между пятнами в парах пятен с различной асимметрией поля.

Широтные и амплитудные характеристики активности при выходе из минимума Маундера

Иванов В.Г., Милецкий Е.В.

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

Двумя важными источниками данных о пятенной активности в эпоху минимума Маундера являются наблюдения Парижской обсерватории [1] и каталог пятен Шпёера [2], охватывающие последнюю четверть XVII и первые две декады XVIII века.

Так как эти данные содержат информацию о широтах пятен [3], мы можем, используя связи между широтными и амплитудными характеристиками активности [4], сделать определённые выводы о активности Солнца в эту эпоху.

Достаточно широкие широтные распределения пятен в начале XVII века, где проходит раздел между минимумом Маундера и эпохой «нормальной активности» говорят, во-первых, в пользу не экстремально низкого цикла № –3 (1712–1723) с числом Вольфа W, скорее всего, более 50 и, во вторых, о том, что в максимуме цикла № –4 (1700–1712) Солнце также могло быть достаточно активно. Таким образом, традиционные числа Вольфа, по-видимому, лучше характеризуют эпоху выхода из минимума Маундера, чем индекс GSN (Group Sunspot Number), дающий для этого времени крайне низкие значения активности.

- [1] Ribes, J.C. & Nesme-Ribes, E. // *Astronomy and Astrophysics*, 1993, V. 276, P. 549–563.
- [2] Spörer, G. // *Deutschen Akademie der Naturforscher*, 1889, V. 53(2), P. 281–324.
- [3] Vaquero, J.M., Nogales, J.M. & Sánchez-Bajo, F. // *Advances in Space Research*, 2015, V. 55(6), P. 1546–1552.
- [4] Ivanov, V.G, Miletsky, E.V. & Nagovitsyn, Yu.A. // *Astronomy Reports*, 2011, V. 55(10), P.911–917.

Широтно-временная эволюция магнитного поля в 23 и 24 солнечных циклах

Ихсанов Р.Н., Иванов В.Г.

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

Для исследования широтно-временной эволюции крупномасштабного магнитного поля (КМП) Солнца за 23–24 циклы использовались данные наблюдений фотосферного магнитного поля (м.п.) Стенфордской обсерватории на магнитографе с 3-х минутным разрешением за 1996–2016 годы, за полный 23-й цикл и значительную часть фазы I 24-го цикла

В отличие от работы [1], где исследовалось только N-полушарие 23-го цикла, здесь мы рассматриваем оба цикла и полушария.

Работа проводилась посредством сравнения диаграммы широтно-временного изменения м.п. на фотосфере с диаграммой замкнутых м.п. (ЗМП) [2].

Следует отметить, что произошло существенное уменьшение глобальной составляющей м.п. (ГМП) в 23-м цикле относительно 21-го и 22-го.

Как было показано ранее [2], в 23-м цикле произошла дополнительная активизация м.п. в низких широтах, приведшая к увеличению длительности цикла почти на три года, что было менее заметно в S-полушарии, то есть проявляется существенное различие в эволюции м.п. в N- и S-полушариях.

Проводится обсуждение этих и других особенностей в рассматриваемых циклах.

- [1] Ихсанов Р.Н., Иванов В.Г. // Труды всероссийской ежегодной конференции «Солнечная и солнечно-земная физика — 2011», СПб, Пулково, 2011, с.47.
- [2] Ихсанов Р.Н., Иванов В.Г. // Труды всероссийской ежегодной конференции «Солнечная и солнечно-земная физика — 2012», СПб, Пулково, 2012, с.59.

Моделирование эмиссии протуберанца в линиях водорода, нейтрального и ионизованного кальция

Калинин А.А.

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

Проведено моделирование спектра излучения солнечного протуберанца в линиях H и K ионизованного кальция, бальмеровских линиях водорода и линии 422.7 нм нейтрального кальция. На основе полученных диагностических диаграмм предложена уточненная методика определения физических параметров. Обсуждается влияние геометрии и кинематики на оценки физических параметров.

Статистический анализ циклогенеза внетропических широт во время геомагнитных возмущений

Каразанян А.А., Молодых С.И.

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

Проведен анализ изменения температуры и влажности в теплом и холодном секторах внетропических циклонов обоих полушарий при их перемещении во время геомагнитных возмущений в минимуме солнечной активности. Положение и перемещение внетропических циклонов определялось по термобарическим картам на уровне 500 гПа. Выявлены отличия в изменении температурных свойств воздушных масс внетропических циклонов при их перемещении во время геомагнитных возмущений по сравнению с классическим циклогенезом. Обнаружено, что во время геомагнитных возмущений создаются условия, которые приводят к повышению температуры в теплом секторе циклона, при этом холодный сектор прогревается медленнее. Вследствие этого температурный градиент на высотах ниже 300 гПа между секторами сохраняется, что может привести к углублению и регенерации циклона. Показано, что распределения температуры и влажности с высотой в секторах внетропических циклонов меняются вследствие изменений геомагнитной активности.

**Существует ли связь между обилием лития и
возникновением супервспышек на G и K звёздах?**

Кацова М.М.¹, Мишенина Т.В.²

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

² *Астрономическая обсерватория Одесского национального
университета, Одесса, Украина, e-mail: tmishenina@ukr.net*

Первые наблюдения обилия лития в спектрах звёзд, где зарегистрированы супервспышки, обнаруживают значительный разброс величин $A(\text{Li})$ у G и K звёзд главной последовательности. А priori ясно, что объекты с супервспышками характеризуются высоким уровнем поверхностной активности. Ранее мы показали, что обилие лития коррелирует с индексом хромосферной активности. Однако в прежней выборке было мало звёзд с хромосферной активностью ниже, чем у Солнца. Здесь добавлено свыше сотни звёзд со слабой активностью. Неожиданный результат состоит в том, что мы обнаружили большую группу звёзд с низким уровнем активности, которые демонстрируют высокое содержание лития — $\log A(\text{Li}) > 2$. Этот результат согласуется с новыми расчётами обилия лития, учитывающими физических характеристик звёзд на стадии прихода на главную последовательность [1]. Таким образом, если не обращаться к самым быстро вращающимся звёздам (с периодами менее 30 мин в возрасте 10-20 млн лет), то значительный разброс значений обилия лития должен присутствовать у всех звёзд, независимо от скорости вращения, т.е. от уровня активности. Что касается нескольких звёзд с супервспышками с периодами вращения около 15 суток, то хотя они не являются звёздами с насыщенной активностью, их короны ещё достаточно мощные, а хромосферы уже ослаблены. При эволюции активности насыщение у G звёзд существует только до периодов около 1 дня, и затем режим активности меняется и устанавливается активность солнечного типа. Однако до периодов 10-15 дней эта активность ещё не является регулярной. Условно назовём такие звёзды Baby Sun. Только затем, уже у молодого Солнца (Young Sun), появляется возможность формирования циклов, и также как на современном Солнце рентгеновская светимость значительно ослабляется, в то время как хромосферная активность остаётся на достаточно значительном уровне. В этом контексте супервспышки могут возникать на Baby Sun с периодами вращения до 15 суток. Таким образом, связь между обилием лития и супервспышками четко прослеживается при высокой поверхностной активности, но при более низкой активности она ослабевает вследствие зависимости обилия лития от начальных условий в эпоху выхода на главную последовательность.

- [1] Thevenin F., Oreshina A.V., Baturin V. A., Gorshkov A.B., Morel P., Provost J. // A & A, 2016, in preparation.

Содержание атомов нейтрального водорода в нижней короне

Ким И.С., Попов В.В.

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

Наличие нейтральных атомов в короне может играть важную роль в проблеме ее нагрева. Обсуждаются методы обнаружения атомов нейтрального водорода и гелия в горячей разреженной короне. Кратко рассмотрены внеатмосферные наблюдения L_α (уровень 1) и наземные наблюдения в инфракрасном диапазоне. Более подробно анализируется возможность существования атомов нейтрального водорода на уровнях 2 и 3, соответствующих излучению в H_α . Возможность косвенного детектирования атомов нейтрального водорода в видимом континууме иллюстрируется прецизионными измерениями степени линейной поляризации излучения нижней короны в континууме в диапазоне расстояний менее $1.5 R_\odot$, выполненными в зеленом и красном спектральном интервалах во время полных солнечных затмений. Приводятся оценки верхней и нижней границ ожидаемой интенсивности излучения в H_α , основанные на расчетах и наблюдениях. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №14-02-01225.

On the possibility to predict the next sunspot maximum

Kirov B.^{1,3}, Georgieva K.¹, Obridko V.N.²

¹*Space Research and Technologies Institute — BAS, Sofia, Bulgaria*

²*IZMIRAN*

³*e-mail: bkirov@space.bas.bg*

The influence of solar activity on the Earth's magnetic field has been studied for many years. It was found that there are two main factors causing geomagnetic storms: coronal mass ejections whose probability is proportional to the number of sunspots, and high speed solar wind streams. As the times of the sunspot maximum and the high speed solar wind streams maximum do not coincide, there are two geomagnetic activity maxima in each 11-year solar cycle.

In the present work we regard the Earth as a probe immersed in the solar wind, and based on the data for the time interval between the sunspot maximum and the geomagnetic activity maximum in the declining phase of the sunspot cycle n , and the value of the minimum geomagnetic activity in the beginning of sunspot cycle $n + 1$, we forecast the maximum of cycle $n + 1$.

Динамика солнечной активности в 23 и 24 циклах

Киселев Б.В.

*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн РАН, Санкт-Петербургский филиал, Санкт-Петербург.
e-mail: kiselev_bv@mail.ru*

С позиции обобщенного броуновского движения исследуется динамика солнечной активности. Анализируются суточные значения числа солнечных пятен и площади пятен в целом и по полушариям. В качестве инструмента анализа используется R/S-анализ (показатель Харста), а также вид функций распределения значений используемых данных. Анализируется динамика локальных значений показателя Харста, структура R/S-графиков.

Модель динамо глобальных максимумов солнечной активности: возможны ли супервспышки на Солнце?

Кичатинов Л. Л., Олемской С. В.

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

Данные космического телескопа «Кеплер» о супервспышках на подобных Солнцу звездах, как и данные о солнечной активности за прошедшие тысячелетия, указывают на преходящие эпохи необычайно высокой активности. В докладе обсуждается возможное объяснение глобальных максимумов в рамках теории солнечного динамо. Цикличность активности в моделях динамо обеспечивает положительная величина альфа-эффекта (в северном полушарии). Искусственное обращение знака альфа-эффекта приводит к стационарному динамо и тысячекратному возрастанию магнитной энергии. Положительный альфа-эффект для Солнца связан с правилом Джоя для углов наклона биполярных групп пятен. Достаточно продолжительные нарушения правила Джоя на фазе роста активности могут приводить к временным переходам динамо к стационарному режиму со значительным возрастанием магнитной энергии. Этот качественный сценарий глобальных максимумов активности подтвержден расчетами модели динамо с флуктуирующим альфа-эффектом. Расчеты охватывают несколько тысяч циклов активности и показывают примеры циклов с очень большой магнитной энергией. Предварительные оценки, однако, дают ничтожно малую вероятность для солнечных супервспышек.

Объединенная модель динамо и дифференциального вращения

Непомнящих А. А., Кичатинов Л. Л.

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

Развита численная модель динамо, согласованная с имеющейся моделью дифференциального вращения. Такое объединение особенно важно для приложений к звездам, когда дифференциальное вращение и меридиональная циркуляция не могут быть определены из наблюдений. Расчеты вращения и циркуляции для Солнца согласуются с новейшими сейсмологическими данными. Неопределенность в задании прочих (двух) параметров динамо устранена из требования наилучшего соответствия наблюдениям. Полученные в модели период солнечного цикла, момент обращения

знака полярного поля, широта максимальной активности ($\sim 15^\circ$), соотношение амплитуд полярного и тороидального полей и характер экваториальная симметрия поля согласуются с наблюдениями.

Графодинамика вспыхивающих активных областей по SDO/HMI данным

Князева И.С.¹, Лукьянов А.Д.², Макаренко Н.Г.¹

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

²*ЯрГУ им. П.Г. Демидова, Ярославль,
e-mail: anton.lukyanov@gmail.com*

Эволюция вспыхивающих Активных Областей (АО), которая отслеживается по SDO/HMI данным, демонстрирует высокую пространственную сложность и нетривиальное изменение наблюдаемых паттернов паттернов во времени. Однако, для приложений, практически невозможно дать детальное описание морфологии магнитограммы. Поэтому часто используют сигнатуры: критические точки, нейтральные линии, беззнаковые и знаковые площади магнитных текстур и т.п. Однако, при сравнении двух магнитограмм, смежных во времени, трудно оценить или выделить существенные изменения сигнатур из-за большой вариабельности паттернов. Здесь удобно использовать аппроксимирующие симплициальные структуры, такие как графы, т.е. множество вершин соединенных ребрами. В качестве вершин можно использовать устойчивые морсовские особые точки изображений. Их получают последовательной сверткой магнитограммы с гауссовским ядром. Такая свертка эквивалентна решению второй краевой задачи, в которой ширина ядра заменяет время. Выберем масштаб размытия таким, чтобы число экстремумов в Scale-Space оставалось приблизительно постоянным в выбранном диапазоне. Тогда разность двух последовательных сверток позволяет получить оценку лапласиана. Она содержит устойчивые максимумы и минимумы. Тогда, критической сетью называют граф, который соединяет минимум с максимумами, образующими восходящую, в смысле дискретной теории Морса, ветвь [1]. Эта сеть аппроксимирует сингулярное многообразие АО графом, который перестраивается в процессе эволюции. Динамические режимы АО, в этом случае, удобно отслеживать используя методы спектральной геометрии [2]. Для этого, мы используем дискретный лапласиан и его спектр. Мы приводим примеры критических сетей для вспыхивающих АО и оценки их спектров.

- [1] Gu Steve, et all. // European Conf. on Comp.Vision. Springer Berlin Heidelberg, 2010.
- [2] Reuter M., et al. //Computers and Graphics, 2009, v. 33, p 381

**Анализ ~ 60 -летних колебаний содержания изотопа ^{14}C
в годовых кольцах деревьев в связи с проблемой
солнечно-земных взаимодействий**

Комитов Б.П.¹, Кафтан В.И.²

¹ *БАН-Институт астрономии с НАО, София, Болгария
e-mail: boris.komitov@yahoo.com*

² *РАН-Геофизический центр, Москва, e-mail: kaftan@geod.ru*

В докладе анализируются квази 60-летние колебания в обобщенном временном ряду содержания ^{14}C (IN γ CAL13) [1] в годовых кольцах деревьев от послеледниковой эпохи (Голоцен, последние ~ 11500 лет) до настоящего времени. Авторы акцентируют внимание на статистической значимости проявления указанных колебаний на разных интервалах исследуемого временного ряда. Исследуются также амплитудная и (частично) частотная модуляция этих и других близких низкочастотных колебаний, таких как циклы сверхвековой и сверхтысячелетней продолжительности (например, 200 и 2200–2400 лет).

Обсуждается научная значимость проблемы и полученных результатов в связи с разными проявлениями солнечно-земных взаимодействий (авроральная и геомагнитная активность, колебания земного климата) в интервале от Маундеровского минимума по настоящее время (1610–2015 гг). Результаты сравниваются с полученными ранее оценками скрытых периодичностей в рядах концентрации другого «космогенного» изотопа — ^{10}Be .

- [1] Reimer P.J + 29 соавторов // Radiocarbon, 2013, v.95, p.1869.

Моделирование тонкой структуры спокойных солнечных протуберанцев

Королькова О.А., Соловьев А.А.

ГАО РАН, Санкт-Петербург, e-mail: korolkova@ga.gov.ru

Проводится теоретическое моделирование спокойных солнечных протуберанцев как однородных в длину (трансляционная симметрия) горизонтально расположенных волокон, удерживаемых против сил гравитации магнитными силами в солнечной атмосфере. В основе моделирования лежит метод, предложенный в [3]: по заданной структуре магнитного поля рассчитываются термодинамические величины (давление, плотность, температура) в каждой точке данной равновесной конфигурации.

Как известно, протуберанцы отличаются тонкой филаментарной структурой. Поэтому, наряду с моделированием общего строения тела протуберанца – массива холодной плотной плазмы, возникает проблема описания этой тонкой структуры, что представляет собой более сложную задачу, не поддающуюся аналитическому решению и требующую численного расчета.

Разработанный с этой целью алгоритм позволяет рассчитывать филаментарную структуру протуберанца как в высотном, так и в поперечном к волокну направлениях. Получаемые физические параметры оказываются близки к наблюдаемым: наименьшая температура достигает значений 4-5 тысяч К, наибольшая плотность составляет 10^{10} - 10^{11} частиц в кубическом см.

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

Протуберанец как скрученное волокно на магнитной подложке

Соловьев А.А., Королькова О.А.

ГАО РАН, Санкт-Петербург, e-mail: korolkova@ga.gov.ru

Среди множества предлагаемых исследователями моделей солнечных протуберанцев популярна модель жгута, лежащего на магнитной подложке (см. например [1], [2]). Но в такого рода моделях идет речь только о качественном представлении волокна (дается картинка магнитного поля) и не делается попыток рассчитать его термодинамические свойства.

Разработанный в [3] метод расчета термодинамических параметров (давления, плотности, температуры) спокойных солнечных протуберанцев по заданной магнитной структуре позволяет рассчитать модели, отвечающие изложенной выше картине. В данной работе протуберанец как скрученное магнитное волокно, наполненное плотной холодной плазмой, покоится на магнитной подложке, которая опирается на фотосферу, и вся эта равновесная магнитоплазменная конфигурация погружена в реалистичную модель солнечной атмосферы Авретта, Лоезера [4].

- [1] Kuperus M., Raadu M.A. // Astron. Astrophys., 1974, v. 31, p. 189-193.
- [2] Lerche I., Low B.C. // Solar. Phys., 1980, v. 67, p. 229-243.
- [3] Solov'ev A.A. // Astronomy. Reports., 2010, v. 54, p. 86-95.
- [4] Avrett E.H., Loeser R. // Astrophys. J. Suppl. Ser., 2008, v. 175, p. 229-276.

Динамические характеристики вариаций площади малых и больших пятен и квази-двухлетние вариации

Костюченко И.Г.

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

На основе каталога площадей солнечных пятен обсерватории Гринвич- научного центра Маршалла за 1874-2015 годы анализируется пространственно-временная динамика площадей малых и больших пятен. Рассматриваются параметры хаотических вариаций площадей пятен, эволюция северо-южной асимметрии и широтного распределения в ходе цикла солнечной активности, проявление квази-двухлетних вариаций и другие динамические характеристики.

Полученные результаты позволяют продвинуться в понимании связи и различия процессов, ответственных за формирование популяций малых и больших пятен и природы возникновения квази-двухлетних вариаций.

Широтно-долготные особенности северо-южной асимметрии солнечной активности

Крамынин А.П., Михалина Ф.А.

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

Исследуются особенности динамики широтно-долготного распределения северо-южной асимметрии числа солнечных пятен за период 1879-2012гг. Выявлено различия северо-южной асимметрии на высоких и низких широтах и разных долготных интервалах.

О модификации «прижатых» атмосфер в активных областях ультрахолодных звезд

Зайцев В.В.¹, Кронштадтов П.В.¹, Степанов А.В.²

¹Институт прикладной физики РАН, г. Нижний Новгород

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

Ультрахолодные звезды, как правило, имеют активные области, о чем свидетельствует мощное радиоизлучение, промодулированное вращением звезды вокруг своей оси. Обычно это излучение интерпретируется на основе механизма электронного циклотронного мазера, реализующегося в активных областях. Плазменный механизм радиоизлучения при этом не рассматривается на том основании, что атмосферы ультрахолодных звезд сильно «прижаты» к поверхности и на корональных уровнях плазменная частота много меньше электронной гирочастоты ($f_L \ll f_B$). В работе рассмотрена возможность существования в активных областях ультрахолодных звезд системы корональных магнитных петель с электрическим током, генерируемым фотосферной конвекцией. Показано, что диссипация токов приводит к повышению температуры внутри петель до значений порядка 10^6 K, в результате чего возрастает шкала высоты неоднородной атмосферы и на корональных уровнях реализуется условие $f_L \ll f_B$, т.е. плазменный механизм радиоизлучения становится преобладающим над механизмом электронного циклотронного мазера. На примере коричневого карлика TVLM5B-46546 оценены параметры магнитных петель, величина генерируемых фотосферной конвекцией электрических токов и эффективность нагрева плазмы внутри магнитных петель. Вычислена шкала высоты модифицированной атмосферы и показана возможность реализации плазменного механизма радиоизлучения в активных областях коричневого карлика. Работа поддержана грантом РФФИ №16-12-10448.

Радиоуглеродные данные: отражение вариаций солнечной активности и изменений в биосфере в раннем голоцене

Кудрявцев И.В.^{1,2}, Дергачев В.А.¹

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

² ГАО РАН, Санкт-Петербург

Как известно, данные по содержанию космогенного изотопа С-14 в кольцах деревьев и в атмосфере Земли в прошлые эпохи содержат информацию о вариациях интенсивности космических лучей, изменении магнитных полей и активности Солнца. Поэтому реконструированные значения скорости генерации радиоуглерода в земной атмосфере являются чрезвычайно перспективными для изучения вариаций активности Солнца. Однако для выделения данной информации необходимо учесть изменения земного климата, которые также отражаются в радиоуглеродных данных и «искажают» солнечный сигнал. Особенно сильные изменения климата за последние 20 тысяч лет климата начали происходить с момента начала отступления последнего ледникового периода. В это время происходило увеличение глобальной температуры и концентрации углекислого газа в земной атмосфере, происходило перераспределение углекислого газа между океаном и атмосферой. Все это нашло своё отражение в радиоуглеродных данных. Однако, с началом Голоцена изменение климатических параметров становится не таким сильным. Кроме этого, после окончания ледникового периода и повышения глобальной температуры сложились более благоприятные условия для роста растительности. Это также должно было отразиться в радиоуглеродных данных. В докладе на основе 5-ти резервуарной модели обменной системы приводятся результаты численного моделирования влияния динамики биосферы в этот период на радиоуглеродные данные. Также производится реконструкция скорости генерации изотопа С-14 с учетом изменения режима обмена радиоуглеродом между океаном и атмосферой и между атмосферой и биосферой.

Динамика ленгмюровской турбулентности при рассеянии плазмонов на частицах фоновой плазмы

Кудрявцев И.В.^{1,2}

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

² ГАО РАН, Санкт-Петербург

В настоящее время достаточно подробно изучена трансформация функции распределения ускоренных во вспышках электронов во время их распространения в солнечной плазме с учетом их столкновений с частицами фоновой плазмы. Намного хуже ситуация с изучением динамики быстрых электронов с учетом их взаимодействия с плазмонами, так как эта динамика зависит от спектра и реального углового распределения плазмонов. В настоящее время используются два крайних случая — приближение одномерной или изотропной турбулентности. На указанные выше характеристики плазменной турбулентности определяющую роль может оказывать рассеяние плазмонов на протонах и электронах фоновой плазмы. В докладе приводятся результаты численного моделирования динамики спектра и углового распределения ленгмюровских плазмонов при их рассеянии на частицах фоновой плазмы.

**Пространственно-временная эволюция источников
пульсаций микроволнового и жесткого рентгеновского
излучений солнечных вспышек по данным наблюдений
NoRH, RHESSI и AIA/SDO**

Кузнецов С.А.^{1,2}, Зимовец И.В.^{3,4,5}, Мельников В.Ф.²

¹ *Научно-исследовательский радиофизический институт, Нижний Новгород, e-mail: kuznetsov.sergey.a@yandex.ru*

² *Пулковская обсерватория, Санкт-Петербург*

³ *Институт космических исследований, Москва*

⁴ *National Space Science Center, Beijing, China*

⁵ *International Space Science Institute, Beijing, China*

Представлены результаты анализа пространственно-временной эволюции источников пульсаций жесткого рентгеновского (ЖР) и микроволнового излучений солнечной вспышки SOL2011-06-07 06:25 UT на основе данных наблюдений КА RHESSI и радиогелиографа Нобеяма (NoRH). Обнаружено, что ЖР источники изменяют свое положение во вспышечной области от пульсации к пульсации [1]. Установлено, что движение ЖР источников имеет, преимущественно, продольный характер по отношению к линии инверсии магнитной полярности (ЛИМП). Изображения вспышечной области в ультрафиолетовом диапазоне по данным SDO/AIA в диапазоне 1600 Å демонстрируют наличие и эволюцию вспышечных лент, а также эрупцию магнитного жгута. Результаты анализа пространственно-временной эволюции ЖР источников находятся в хорошем согласии с результатами анализа радиоизображений по данным NoRH. Показано, что

центр радиояркости на 34 ГГц изменяет свое положение от пульсации к пульсации вдоль ЛИМП в течение всего всплеска.

В качестве одной из возможных интерпретаций динамики источников пульсаций предлагается всплывающий магнитный жгут как возможный триггер для процессов вспышечного энерговыделения. В результате взаимодействия разных частей всплывающего магнитного жгута с разными вспышечными петлями магнитной аркады может происходить их последовательное вовлечение во вспышечный процесс, приводящее к наблюдаемому изменению положения ЖР и микроволновых источников от пульсации к пульсации.

- [1] Kuznetsov S.A., Zimovets I.V., Morgachev A.S., Struminsky A.B. // Solar Phys., 2016, (accepted).

**Реконструкции гелиосферного модуляционного
потенциала с конца 14 века до середины 19-го на
основе данных по содержанию космогенных изотопов
 ^{14}C и ^{10}Be в природных архивах**

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

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

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

³ГУАП, г. Санкт-Петербург, Россия

Хорошо известно, что изотопы ^{14}C и ^{10}Be образуются в атмосфере Земли под действием частиц космических лучей (КЛ). Поэтому данные по вариациям содержания космогенных изотопов ^{14}C в годичных кольцах деревьев и ^{10}Be в кернах льда ледников полярных зон дают возможность изучать изменения интенсивности галактических космических лучей (ГКЛ), межпланетного магнитного поля и солнечной активности (СА) в те временные интервалы, для которых отсутствуют результаты инструментальных измерений. Изучение изотопных данных позволяет получать информацию об изменении этих физических параметров на длительных временных шкалах: сотни, тысячи, миллионы лет. Однако на этом пути имеется ряд трудностей. Например, изменения климатических параметров приводят к перераспределению углерода между природными резервуарами, что находит своё отражение в изменении изотопного состава радиоуглерода в Земной атмосфере, и, в конечном счете, приводит к искажению

искомой информации об интенсивности ГКЛ. Рассматриваемый в данной работе временной интервал включает в себя малый ледниковый период, в течение которого происходили изменения глобальной температуры и концентрации углекислого газа в земной атмосфере.

В докладе на основе радиоуглеродных данных с учетом климатических изменений приводится реконструкция гелиосферного модуляционного потенциала с конца 14 века до середины 19-го века. Также приводится реконструкция этого потенциала на основе данных по концентрации изотопа ^{10}Be в скважине NGRIP (северная Гренландия). Приводится сравнение этих реконструкций.

Общее магнитное поле Солнца по данным SDO/HMI

Куценко А.С.¹, Абраменко В.И.^{1,2}

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

²Главная (Пулковская) Астрономическая обсерватория РАН,
С.-Петербург, e-mail: vabramenko@gmail.com

В работе мы проводим сравнение общего магнитного поля Солнца (ОМП) по данным инструмента *Helioseismic and Magnetic Imager* (HMI) на борту космической обсерватории *Solar Dynamics Observatory* (SDO) с наземными наблюдениями обсерваторией Стэнфорда (Wilcox Solar Observatory, WSO), а также определяем вклад участков фотосферы с различной магнитной активностью в ОМП.

Для определения ОМП по данным SDO/HMI мы проводили усреднение напряженностей всех пикселей 720-секундных магнитограмм в пределах одного солнечного радиуса. Мы нашли, что, несмотря на различные методы определения магнитных полей и различные спектральные линии, используемые для измерений, коэффициент корреляции между двумя наборами данных ОМП равен 0.86, в то время как линейный коэффициент регрессии близок к единице: $B^{\text{HMI}} = 0.99(2) B^{\text{WSO}}$.

К сожалению, в измерениях SDO/HMI наблюдается артефакт, связанный с вращением спутника по геостационарной орбите, который проявляется в изменении амплитуды магнитных полей с периодом 12 ч или 24 ч. Артефакт наиболее присущ сильным полям пятен, при этом мы установили, что пятна противоположной полярности показывают противофазные колебания магнитного поля.

Также мы разделили все пиксели HMI магнитограмм на три группы — спокойное Солнце, эфемеральные области (ЭО) и активные области (АО) — для установления вклада каждой из этой групп в ОМП. Оказалось, что

ОМП определяется суммой полей ЭО и АО, в то время как спокойное Солнце практически не вносит вклада в ОМП, хотя занимает более 90% поверхности диска. Суммарная площадь ЭО и АО в среднем составляет всего 5% от площади солнечного диска.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 16-02-00221 А и 16-42-910493, Программы 7 Президиума Российской академии наук.

Магнитные поверхности, упорядоченное и хаотическое поведение линий магнитного поля вблизи системы сцепленных токов

Лукашенко А.Т.

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

В окрестности системы из двух сцепленных круговых токовых витков, расположенных в перпендикулярных плоскостях, существуют области как упорядоченного, так и хаотического поведения линий магнитного поля [1]. Вблизи каждого из витков линии поля приближенно навиваются на вложенные друг в друга поверхности, топологически эквивалентные торами. Также существует область, включающая удаленные от колец участки, в которой происходит навитие линий на вложенные друг в друга топологические торы с «дыркой», охватывающей ось общего диполя системы токов. В промежутке между этими системами поверхностей поведение линий является хаотическим за исключением отдельных участков («магнитных островов»).

Таким образом, поведение линий магнитного поля в данной системе токов является «хорошим» в том смысле, что они остаются в ограниченной части пространства (исключая линию, совпадающую с осью общего диполя), не приближаясь в то же время сколь угодно близко к кольцам, а область хаотичности имеет ограниченные пространственные размеры.

Такого рода и иные системы из токовых витков в дальнейшем могут быть использованы для моделирования полей в короне Солнца, в частности, в качестве модификации метода MCT (magnetic charge topology) [2].

[1] Hosoda M., Miyaguchi T., Imagawa K., Nakamura K. // Phys. Rev. E., 2009, v. 80, 067202.

[2] Longcope D.W. // Living Rev. Solar Phys., 2005, v. 2, № 7.

Предсказание солнечной активности: проблемы, перспективы и мифы

Макаренко Н.Г.¹, Волобуев Д.М.¹, Князева И.С.¹

¹Главная Астрономическая Обсерватория ГАО РАН, С-Петербург,
e-mail: ng-makar@mail.ru

¹e-mail: dmitry.volobuev@mail.ru

¹e-mail: iknyazeva@gmail.com

Доклад представляет собой краткий обзор последних результатов в области предсказания солнечных циклов и больших вспышек. Главное внимание уделяется методам прогноза, их обоснованию, оценкам эффективности. Для прогноза циклов рассматриваются физический прогноз, алгоритмический прогноз по Такенсу [1] и варианты авторегрессионных схем. Для вспышек популярными являются Машина Опорных Векторов, SVM или SVR [2]. При использовании классификаторов, пространство откликов является предельно простым, например, 0.1. Основные трудности возникают с арифметизацией пространства входных признаков. Увеличения числа признаков до трех десятков приводит к эффектам концентрации меры: предсказанное значение совпадает с средним, либо медианой [3]. Использование этих формальных схем порождает уверенность, что классификатор можно обучить любым неявным связям. Более сложной и менее разработанной в физике Солнца является Марковский вероятностный подход, основанный на стохастических полу динамических системах [4]. В конце доклада рассматриваются некоторые прогностические мифы, основанные на результатах эпигноза.

Ссылки на литературу используются в форме [1] и [2].

- [1] Макаренко Н.Г., Каримова Л.М. Эконофизика//Современная физика в поисках экономической теории/Под ред. ВВ Харитонов, АА Ежова //М.: МИФИ. – 2007. – С. 316-352.
- [2] Smola A. J., Scholkopf B. //Statistics and computing, 2004, v. 14, p. 199-222.
- [3] Talagrand M., // Ann. Probab., 1996, v. 24, p. 1–34.
- [4] Макаренко Н.Г., и др. //Иzv. вузов «ПНД», 2006, т. 14, с. 3-20

**Радиационное и диссипативное затухание
магнитозвуковых волн
в солнечных корональных петлях**

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

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

Несмотря на свою давнюю историю [1], проблема нагрева короны МГД-волнами привлекает внимание многих специалистов по физике Солнца [2], [3]. Нерешенность проблемы во многом объясняется неоднозначностью физических свойств корональной плазмы. Например, радиационные потери солнечной плазмы зависят от степени ионизации элементов, которая меняется в значительных пределах в силу неоднородности короны. Данное обстоятельство приводит к выявлению новых свойств корональных структур. В частности, замечено, что радиационные потери играют определяющую роль в охлаждении корональной плазмы в отдельных ситуациях [4], в то время как во многих других известных ситуациях они несущественны.

Нами исследуется влияние диссипативных эффектов, вязкости и теплопроводности, в совокупности с радиационными потерями на поведение магнитозвуковых волн в условиях, характерных для корональных петель и протуберанцев. Особое внимание мы обращаем на вид функции радиационных потерь, которая испытывает значительные изменения в различных областях шкалы температур.

- [1] Osterbrock D.E. // *Astrophys. J.*, 1961, v. 134, p. 347.
- [2] Carbonell M., Oliver R., Ballester J.L. // *Astron.&Astrophys.*, 2004, v. 415, p. 739.
- [3] Kumar N., Kumar P., Singh S. // *Astron.&Astrophys.*, 2006, v. 453, p. 1067.
- [4] Aschwanden M.J., Terradas J. // *Astrophys. J.*, 2008, v. 686, p. L127.

**Динамика гиротронного излучения
в сжимающейся вспышечной петле**

Мельников В.Ф.¹, Филатов Л.В.²

¹*ГАО РАН, Санкт-Петербург*

²*ННГАСУ, Нижний Новгород*

Сжимающиеся вспышечные петли в последнее время стали очень популярной темой в физике солнечных вспышек. Это сжатие не предсказывается так называемой стандартной моделью солнечных вспышек, которая, наоборот, предполагает расширение системы вспышечных петель. Цель нашей работы — моделирование микроволнового излучения таких петель и сравнение рассчитанных его характеристик с наблюдаемыми.

На первом этапе мы моделируем динамику различных параметров нетепловых электронов, инжектированных в нестационарно сжимающуюся магнитную ловушку. На основе численного решения нестационарного кинетического уравнения Фоккера-Планка находим пространственные распределения электронов по энергиям иpitch-углам. Показываем, что высокоэнергичные электроны эффективно аккумулируются и ускоряются в вершине сжимающейся ловушки благодаря бетатронному ускорению и ускорению Ферми 1-го порядка.

На втором этапе, на основе этих распределений электронов рассчитываем временные особенности характеристик гиротронного излучения. В результате такого моделирования, в частности, удастся легко объяснить часто наблюдаемые случаи появления максимумов радиояркости в вершинах вспышечных петель. Также становится понятным происхождение аномально больших (минута и более) задержек временных профилей микроволнового излучения из вершины и оснований сжимающихся вспышечных петель, наблюдаемых на Радиогелиографе Нобеля.

Условия формирования и энергетика нановспышек

Мерзляков В.Л.

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

Временные вариации магнитного потока на фотосфере

Мерзляков В.Л., Старкова Л.И.

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

Исследованы временные изменения свойств выходящего к фотосфере магнитного потока. Использовались магнитографические измерения Wilcox Solar Observatory за период низкой солнечной активности май 1995 г. — май 1997 г. Анализировались особенности эволюции магнитных биполярных областей в пределах кэррингтоновских оборотов CR 1895 — CR 1922. Обнаружены колебания их суммарного магнитного потока длительностью ≈ 2.5 CR и 5 — 6 CR, которые связаны с дискретностью появления на фотосфере. Оказалось, что долгоживущие биполярные области имеют схожую динамику скорости вращения с тенденцией ее уменьшения на начальном этапе их развития с последующим ростом к концу их существования. Начальная величина скорости вращения составляет $\approx 13.5^\circ/\text{сут}$ (синодическая) или 466 нГц, а конечная не менее $13.45^\circ/\text{сут}$, что выше скорости вращения приэкваториальных пятен. Найденные особенности могут быть интерпретированы как действие магнитных источников, формируемых гигантскими ячейками конвекции.

Влияние эффекта квазипоперечного распространения на результаты восстановления параметров вспышечных петель по их наблюдаемому микроволновому излучению

Моргачев А.С.^{1,2}, Мельников В.Ф.²

¹ *Научно-исследовательский радиофизический институт ННГУ им. Н. И. Лобачевского, Нижний Новгород, e-mail: a.s.morgachev@mail.ru*

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

В работах [1], [2] разработаны методы определения физических параметров в солнечных вспышечных петлях, которые позволяют восстанавливать напряженность и направление магнитного поля, концентрацию и спектр нетепловых электронов, параметры их питч-углового распределения, плотность фоновой плазмы. Данные методы основаны на алгоритмах прямой подгонки теоретически рассчитанных характеристик микроволнового радиоизлучения (потока и степени круговой поляризации) под наблюдаемые. По данным радиотелескопов Nobeyama (NoRH) и OVSA были определены параметры нетепловых электронов и магнитного поля

в реальных вспышечных петлях. Однако авторы указанных работ не учитывали влияния среды на пути распространения волны на наблюдаемое телескопами микроволновое излучение. Как известно [3], над вспышечными петлями в солнечной атмосфере могут сформироваться условия, при которых возникает эффект взаимодействия мод электромагнитных волн (эффект квазипоперечного распространения). Это приводит к изменению наблюдаемой степени круговой поляризации излучения в некотором диапазоне частот и соответственно приводит к ошибкам при восстановлении параметров источника.

В нашей работе мы проводим изучение влияния эффекта квазипоперечного распространения на результаты восстановления параметров солнечных вспышечных петель. С помощью программы быстрого кода [4] смоделировано гиросинхротронное излучение радиоисточника с учетом влияния эффекта взаимодействия мод. Проведено восстановление параметров данного источника методом прямой подгонки с использованием и без использования степени круговой поляризации для различного набора частот из микроволнового спектра. Сделан вывод о степени влияния эффекта квазипоперечного распространения на точность определения параметров. Найден метод обнаружения признаков эффекта взаимодействия мод на основе восстановления параметров методом прямой подгонки. Получены рекомендации для определения параметров вспышечных петель в присутствии эффекта квазипоперечного распространения.

- [1] Fleishman G.D., Nita G.M. and Gary D.E. // *Astrophys. J. Lett.*, 2009, v. 698, pp. L183-L187.
- [2] Morgachev A.S., Kuznetsov S.A. and Melnikov V.F. // *Ge&A*, 2014, v. 54, №7, pp. 933-942.
- [3] Su Y. N. and Huang G. L. // *Astrophys. J.*, 2004, v. 219, pp. 159–168.
- [4] Fleishman G. D. and Kuznetsov A.A. // *Astrophys. J.*, 2010, v. 721, issue 2, pp. 1127-1141.

Одновременные микроволновые, ультрафиолетовые и рентгеновские наблюдения события 5 июля 2012 года с положительным наклоном миллиметрового спектра

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

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

² Научно-исследовательский астрономический институт им. В.В.
Соболева СПбГУ, Санкт-Петербург, e-mail: vnag@vn1014.spb.edu

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

⁴ Научно-исследовательский радиофизический институт ННГУ им.
Н. И. Лобачевского, Нижний Новгород,
e-mail: kuznetsov.sergey.a@yandex.ru

⁵ Московский государственный технический институт им.
Баумана, Москва

⁶ Университет Турку, Турку, Финляндия,
e-mail: vvsvid.smirnova@yandex.ru

Проводятся исследования события 5 июля 2012 г, в котором обнаружен по данным наблюдений радиотелескопа МГТУ им. Баумана РТ-7.5 нехарактерный для большинства солнечных вспышек положительный наклон миллиметрового спектра между частотами 93 и 140 ГГц [1]. В предложении однородного источника и модели толстой мишени проведена диагностика тепловых и низкоэнергичных (20-100 keV) электронов на основе рентгеновских наблюдений, полученных на борту космического аппарата RHESSI. Определены основные параметры вспышечной плазмы, а также концентрации и показателя спектра нетепловых электронов. Моделирование гиросинхротронного излучения с использованием полученных параметров показало, что положительный наклон спектра миллиметрового излучения может быть объяснен генерацией гиросинхротронного излучения нетепловых электронов с энергиями больше 100 кэВ в хромосфере Солнца. Положительный наклон спектра возникает благодаря тепловому тормозному поглощению излучения в плотной хромосферной (с температурой 10^4 K) плазме. Выполнен систематический анализ пространственно-временной эволюции источников жесткого рентгеновского излучения. Обнаружена связь пульсаций нетеплового излучения вспышки со смещением источников. Обсуждается происхождение выявленных наблюдательных особенностей.

- [1] Nagnibeda, V. G., Smirnova, V. V., Ryzhov, V. S., Zhiltsov, A. V. // Journal of Physics: Conference Series, 2013, v. 440, issue 1, pp. 1-5, 2013.

Формирование полярных корональных дыр в текущем цикле солнечной активности

Мордвинов А.В., Голубева Е.М.

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

Рассмотрено формирование полярных корональных дыр (ПКД) в цикле активности 24. Выполнен анализ фотосферных магнитных полей и потока УФ излучения Солнца. Обнаружены ансамбли корональных дыр (АКД), которые формируются в униполярных магнитных областях (УМО), связанных с распадающимися комплексами активности. Дальнейшая эволюция открытого магнитного потока происходит вместе с переносом УМО к полюсам Солнца и приводит к формированию ПКД. Причинно-следственные связи между комплексами активности, УМО и АКД объясняют асинхронность формирования ПКД в разных полушариях Солнца.

Показано, что в южном полушарии устойчивая ПКД сформировалась в начале 2015 г. в ходе эволюции АКД, образовавшегося после распада комплексов активности, которые наблюдались в 2014 г. В северном полушарии стабильная ПКД сформировалась лишь к апрелю 2016 г. При этом обращение полярного поля в северном полушарии произошло на два года раньше, чем в южном [1]. Более позднее образование северной ПКД обусловлено сложной структурой магнитных полей в полярной зоне северного полушария.

- [1] Мордвинов А.В., Певцов А.А., Бертелло Л., Петри Г.Дж.Д. // Солнечно-земная физика, 2016, т. 2, №1, 3.

Параметры корональной вспышечной плазмы по данным GOES, RHESSI и SDO

Моторина Г.Г.¹, Цап Ю.Т.^{1,2}

¹ Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория Российской академии наук, С.-Петербург, *g.motorina@gao.spb.ru*

² Крымская астрофизическая обсерватория Российской академии наук, Научный, e-mail: *yur_cao@mail.ru*

На основе ультрафиолетовых и рентгеновских наблюдений, полученных с помощью орбитальных космических станций GOES, RHESSI и SDO/AIA, используя спектральный анализ и численные методы по расчету дифференциальной меры эмиссии, проведен анализ динамики температуры и меры эмиссии корональной вспышечной плазмы для события 4 июля 2012 г. Показано, что наименьшая мера эмиссии следует из данных SDO/AIA, что противоречит полученным ранее выводам [1] и согласуется с результатами [2]. Найдены дополнительные свидетельства в пользу многотемпературной модели корональных петель. Вспышечная плазма с температурой 0.5–7.0 МК может вносить существенный вклад в рентгеновское излучение. Обсуждается проблема оценки тепловой энергии солнечных вспышек по спутниковым данным.

- [1] Ryan D.F., O'Flannagain A.M., Aschwanden M.J., Gallagher P.T. // Sol. Phys., 2014, v. 289, issue 7, pp. 2547-2563.
- [2] Battaglia M., Motorina G.G., Kontar E.P. // Astrophys. J., 2015, v. 815, issue 1, article id. 73, 8 pp.

Две популяции групп солнечных пятен

Наговицын Ю.А.^{1,2}, Певцов А.А.³, Осипова А.А.¹

¹ ГАО РАН, г. Санкт-Петербург, Россия, e-mail: *nag@gao.spb.ru*

² ГУАП, г. Санкт-Петербург, Россия

³ NSO, Sunspot, USA

В докладе представлен обзор сведений о существовании двух физически разделенных популяций групп солнечных пятен. Приводятся сведения о различающихся у них площадях, времени жизни, дифференциальном вращении. Специальное внимание уделено 11-летним и вековым изменениям физических характеристик групп пятен в популяциях. Обсуждены результаты Ливингстона-Пенна о длительных изменениях магнитных полей пятен.

Площадь и абсолютный магнитный поток солнечных пятен в последние 400 лет

Наговицын Ю.А.^{1,2}, Тлатов А.Г.¹, Наговицына Е.Ю.¹

¹ ГАО РАН, г. Санкт-Петербург, Россия, e-mail: nag@gao.spb.ru

² ГУАП, г. Санкт-Петербург, Россия

В работе ряд среднегодового относительного числа пятен в новой версии SN_2 (version 2.0) продлен в прошлое вплоть до 1610 г. Показано, что разумным продолжением среднемесячных и среднегодовых значений суммарной площади пятен Гринвичского ряда после 1976 г. является кислотводский ряд с масштабирующим коэффициентом $b = 1.0094 \pm 0.0059$. Отмечено, что в своем втором максимуме 24-й цикл солнечной активности был не малым: не меньше, чем 6 из последних 13 циклов. Построен ряд A_2 суммарной площади солнечных пятен в 1610–2015 гг., «комплементарный» к новым версиям рядов относительных чисел пятен SN_2 и чисел групп пятен GN_2 . При необходимости ряд может быть масштабирован к шкале индекса, имеющего ясный физический смысл — пятенного абсолютного магнитного потока $\Phi_\Sigma(t)[Mx] = 2.16 \times 10^{19} A(t)[mvh]$. Отмечено, что максимальная площадь пятен в новой версии в Маундеровском минимуме резко возросла по сравнению с нашей предыдущей. Это, по крайней мере, отчасти подтверждает правомерность доводов о том, что амплитуда циклов в Маундеровском минимуме была не слишком мала.

Изгибные колебания плазменных петель короны Солнца: статистика, нелинейность и автоколебания

Накаряков В.М.^{1,2}, Анфиногентов С.А.^{1,3}, Зимовец И.В.⁴

¹ Centre for Fusion, Space & Astrophysics, University of Warwick, UK
e-mail: V.Nakariakov@warwick.ac.uk

² Главная астрономическая обсерватория РАН

³ Институт солнечно-земной физики СО РАН

⁴ Институт космических исследований РАН

Изгибные (кинк) колебания петельных структур короны Солнца являются объектом интенсивного изучения как один из основных инструментов магнитогидродинамической сейсмологии. Недавние прецизионные

наблюдения этого явления с помощью инструмента SDO/AIA существенно углубили и частично изменили наше понимание физических процессов ответственных за возбуждение и затухание изгибных колебаний. Данный тип колебаний наблюдается в двух режимах, быстро затухающего с большой начальной амплитудой и незатухающего малой амплитуды. Детальные каталоги затухающих и незатухающих колебаний петель, недавно созданные по данным SDO/AIA, показали, что в обоих режимах период колебаний пропорционален длине колеблющейся петли, и что амплитуда колебаний не зависит от периода. Данные результаты подтверждают, что изгибные колебания являются стоячими БМЗ колебаниями, и позволяют полностью исключить прочие механизмы, предложенные ранее. Было установлено, что добротность затухающих колебаний убывает с ростом их амплитуды, что указывает на нелинейный характер затухания. Найдено, что в разные моменты времени одна и та же петля может совершать как затухающие, так и незатухающие колебания, причем период колебаний в обоих режимах один и тот же. Наблюдательные характеристики незатухающих колебаний указывают на их возможную автоколебательную природу: диссипативные потери, доминирующие в затухающем режиме, в незатухающем режиме компенсируются эффектом отрицательного трения между петлей и квазистационарными, на масштабе периода колебаний, течениями плазмы во внешней среде, например супер-грануляцией.

Короны G-, K- и M-звезд и условия возникновения супервспышек

Низамов Б.А.¹, Кацова М.М.², Лившиц М.А.³

¹ ГАИШ МГУ, физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова,
Москва, e-mail: nizamov@physics.msu.ru

² ГАИШ МГУ, Москва, e-mail: mkatsova@mail.ru

³ ИЗМИРАН, Троицк, Москва, e-mail: maliv@mail.ru

Обсуждается зависимость индекса корональной активности от скорости осевого вращения звезды. Этот вопрос рассматривался ранее для 824 поздних звезд на основе сводного каталога потоков мягкого рентгеновского излучения. Мы проводим более рафинированный анализ отдельно для G-, K- и M-карликов. У них четко выделяются два режима активности. Первый является режимом насыщения, характерен для молодых звезд и практически не зависит от их вращения. Второй относится к активности солнечного типа, уровень которой сильно зависит от периода

вращения. Мы показываем, что переход от одного режима к другому происходит при периодах вращения 1.1, 3.3 и 7.2 суток для звезд спектральных типов G2, K4, M3 соответственно. В связи с обнаружением на КА *Kepler* супервспышек на G- и K-звездах возникает вопрос, чем эти объекты отличаются от остальных активных поздних звезд. Мы анализируем положение звезд с супервспышками относительно остальных звезд, наблюдавшихся на *Kepler*, на диаграмме «амплитуда вращательной модуляции блеска (ARM) — период вращения». Величина ARM отражает относительную площадь пятен на звезде и характеризует уровень активности во всей атмосфере. Показано, что G- и K-звезды с супервспышками — это, в основном, быстро вращающиеся молодые объекты, но некоторые из них принадлежат к звездам с солнечным типом активности.

Измерения коротковолнового ультрафиолетового излучения на геостационарных ИСЗ «Электро-Л №1 и №2»

Нусинов А.А.¹, Казачевская Т.В.¹, Судакова И.Б.¹,
Гонюх Д.А.², Згура Ю.А.²

¹ ФГБУ «Институт прикладной геофизики», Москва,
e-mail: nusinov@mail.ru

² ФГБУ «НПО «Тайфун»», Обнинск, e-mail: zgura@ckbgtm.ru

Крайнее ультрафиолетовое излучение (КУФ) является основным фактором, формирующим верхнюю атмосферу Земли. При мониторинге ионосферы важно проведение измерений КУФ, позволяющее рассчитывать параметры ионосферы и выявлять природу их вариаций, отделяя солнечные и несолнечные причины. Использование данных о потоках КУФ в качестве входного параметра моделей атмосферы существенно улучшают точность расчетов орбит ИСЗ.

Приведены результаты мониторинга линии Лайман-альфа в 24-м цикле солнечной активности: в течение 5 лет (2011-2016 гг.) на геостационарном ИСЗ «Электро-1» и 8 месяцев 2016 г. на «Электро-2». Представлено сопоставление с измерениями на других ИСЗ.

Измерения проводились с помощью вакуумных ультрафиолетовых спектрофотометров — приборами «ВУСС». Спектральная полоса их чувствительности определяется свойствами датчиков — фотоэлектронных «солнечно-слепых» умножителей ФЭУ-152.

Аппаратура «ВУСС» на обоих ИСЗ устанавливалась на кронштейне панели солнечной батареи, перпендикулярной плоскости экватора. Такое

положение приборов обеспечивает непрерывное наблюдение Солнца, поскольку основная ось визирования КА направлена в надир. Суточный цикл движения панели включает в себя серию быстрых поворотов на угол 6-7 градусов и последующих ожиданий в течение примерно 20 минут.

Для получения данных о потоке КУФ необходимо было проводить коррекцию показаний на зависимость от угла между направлением на Солнце и осью прибора. Отмечено снижение уровня сигнала т.н. «деградация»: в КУФ области это составляет $\sim 20\%$ в год; для датчиков в видимой области $\sim 5\%$ в год, что сопоставимо с уменьшением эффективности солнечных батарей ИСЗ и представляет самостоятельный интерес.

Переमेжаемость солнечных магнитных полей в цикле солнечной активности

Шибалова А.С.¹, Обриджо В.Н.², Соколов Д.Д.^{1,2}

¹ *Физфак МГУ, Москва, e-mail: as.shibalova@physics.msu.ru,
e-mail: sokoloff.dd@gmail.com*

² *ИЗМИРАН, Троицк, Москва, e-mail: obridko@mail.ru,
e-mail: sokoloff.dd@gmail.com*

Большая часть поверхности Солнца покрыта маломасштабными магнитными полями, сильно перемешанными по знаку. Нами изучены наблюдения магнитного поля на Солнце SOHO MDI с разрешением 2 угловых секунды. Использован индекс униполярности, представляющий собой отношение модуля среднего значения поля внутри окна разрешения к среднему значению абсолютной величины. Этот индекс обращается в ноль в сильно переменяющемся по знаку поле и равен единице в однородном поле. Показано, что при наилучшем разрешении практически на всей поверхности Солнца индекс униполярности близок к нулю. С уменьшением разрешения (то есть с увеличением окна разрешения) начинают лучше обрисовываться активные области и падает среднее значение поля. Эта убывающая зависимость может быть аппроксимирована степенным законом с отрицательным показателем степени ($-k$). Показано, что величина k меняется как со временем, так и с уровнем активности. Обсуждается связь найденной зависимости с характеристиками турбулентности на Солнце и соотношением различных мод генерации магнитного поля.

О возможном вкладе вариаций потока галактических космических лучей в рост глобальной температуры в последние десятилетия

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*

Показано, что площадь поля нижней (< 3.2 км) облачности Земли значимо коррелирует с интенсивностью галактических космических лучей в период 1983-2010 гг., причём в 2003 году знак корреляции меняется. Такой же эффект был обнаружен в корреляции между температурой воздуха в различных регионах Земли и потоками релятивистских электронов с энергиями 30-300 КэВ, выпадающими в зимнее время (декабрь-февраль). При помощи энергобалансовой климатической модели оценен возможный вклад нижней облачности в изменения глобально-осреднённой температуры в указанный временной промежуток. Показано, что если рассматривать нижнюю облачность в качестве радиационного форсинга то глобальное потепление последних 30 лет может быть объяснено без привлечения гипотезы об антропогенном парниковом нагреве.

Эффект подавления конвекции в звёздах солнечного типа

Орешина А.В., Батулин В.А., Аюков С.В., Горшков А.Б.

*Государственный астрономический институт
им. П.К. Штернберга Московского Государственного Университета
им. М.В. Ломоносова, Москва, e-mail: avo@sa.i.msu.ru*

В работе анализируется эволюция звезды солнечной массы с учётом уменьшенной эффективности конвекции на раннем этапе, до 500 млн. лет. Уменьшение эффективности конвективного переноса может быть вызвано, например, силой Кориолиса в быстро вращающейся молодой звезде.

Показано, что подавление конвекции на раннем этапе эволюции приводит к несколько повышенному содержанию лития по сравнению с классической моделью Солнца. Кроме того, увеличивается радиус и уменьшается эффективная температура звезды. Игнорирование такого явления может приводить к ошибкам в определении возраста и массы звёзд, получаемых из стандартных эволюционных треков на диаграмме температура-светимость.

На более позднем этапе эволюции, после 500 млн. лет, когда звезда замедляет своё вращение, эффективность конвекции возрастает. Внутреннее строение звезды на этом этапе становится классическим, оно не зависит от предыдущей истории. Фотосферное содержание лития, напротив, хранит информацию о прошлом звезды. Таким образом, на главной последовательности могут существовать звёзды солнечной массы с одинаковым возрастом (более 500 млн. лет) и внутренним строением, но с разным содержанием лития.

Исследование связи периодов минутного и часового диапазонов в флуктуациях различных природных процессов с собственными колебаниями Земли и Солнца

*Панчелюга В.А.¹, Владимирский Б.М.², Панчелюга М.С.¹,
Серая О.Ю.¹*

¹ ИТЭБ РАН, Пущино, e-mail: panvic333@yahoo.com

² КРАО, Крым, e-mail: bvlad@yandex.ru

В последние годы в мировой научной печати развернулось интенсивное обсуждение периодов, найденных во временных рядах флуктуаций скорости радиоактивного распада, началом которого стал выход работы Е. Фишбаха с соавторами [1]. В ней показано наличие годового периода в многолетних рядах измерений скорости β -распада, коррелирующего с ходом зависимости $1/R^2$, где R — расстояние между Землей и Солнцем. Задолго до Е. Фишбаха, о годовых периодах в радиоактивном распаде сообщалось в работах А.Г. Пархомова, в которых к 2004 г. были даны доказательства наличия ряда периодов от годовых до суточного в β -радиоактивности [2]. Как в [1, 2] так и в многочисленных последующих работах периоды короче суточного не обнаружены. Такие периоды (единицы минут — часы) удалось обнаружить в серии наших работ [3, 4], основанной на использовании локального фрактального анализа временных рядов методом всех сочетаний [3]. Показано, что найденные в [3, 4] периоды совпадают с периодами собственных колебаний Земли и имеют универсальный характер: спектры периодов, найденные в флуктуациях различных природных процессов как правило совпадают с соответствующей частью найденного в [4] спектра. Настоящая работа является продолжением [3, 4]. В докладе будет рассмотрена связь найденного спектра периодов с периодами собственных колебаний Солнца и с различными аспектами солнечной активности.

- [1] Jenkins J.H. et al // Astroparticle Physics, 2009, 32, pp. 42-46.
- [2] Пархомов А.Г. и др. // Физ. мысль России, 2004, 1, с. 1-12.
- [3] Панчелюга В.А., Панчелюга М.С. // Биофизика, 2013, том. 58, вып. 2, с. 377-384.
- [4] Панчелюга В.А., Панчелюга М.С. // Биофизика, 2015, том. 60, вып. 2, с. 395-410.

Научные исследования и прогноз космической погоды в США

Певцов А.А.

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

В США, научные исследования в области космической погоды финансируются несколькими ведомствами включая Национальный Научный Фонд (NSF) и Национальное Управление по Воздухоплаванию и Исследованию Космического Пространства (NASA). Для коммерческих целей, прогноз осуществляется центром по прогнозу космической погоды (Space Weather Prediction Center, SWPC) Национального Управления Океанических и Атмосферных Исследований (NOAA). Наблюдательные данные поступают из сети наземных станций финансируемых из различных источников, а также с инструментов на космических аппаратах. Компьютерные модели используемые в прогнозе разрабатываются в рамках индивидуальных научных проектов. Позднее, наиболее перспективные модели выбираются для дополнительной апробации в SWPC. Чтобы расширить круг пользователей моделей в научных и образовательных целях, NASA в партнерстве с другими ведомствами создали координационный центр по моделированию (Community Coordinated Modeling Center). В середине 1990-х, научная общественность представила веские аргумента для развития национальной программы по космической погоде, и в 1995 году, такая программа была создана. В 2015, Национальный Совет по Науке и Технике (под председательством Президента США) выпустил два основополагающих документа: стратегия развития [1] и план действий [2]. В ближайшие годы эти документы будут определять дальнейшее развитие области науки о космической погоде. Оба документа подчеркивают необходимость тесного международного сотрудничества в области изучения космической погоды.

- [1] The National Space Weather Strategy, 2015,
https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/final_nationalspaceweatherstrategy_20151028.pdf
- [2] The National Space Weather Action Plan, 2015,
https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/final_nationalspaceweatheractionplan_20151028.pdf

**Циклотронная линия в микроволновом излучении
 Солнца по наблюдениям на радиотелескопе РАТАН-600
 активной области NOAA 12182**

Петерова Н.Г.¹, Топчило Н.А.²

¹ *СПбФ САО РАН, С.-Петербург, Россия, e-mail: peterova@yandex.ru*

² *СПб ГУ, С.-Петербург, Россия*

Циклотронное излучение космической плазмы по своей природе, как известно, линейчатое, а значение частоты излучения напрямую связано с величиной магнитного поля ($f \sim H$). Для Солнца оно обычно наблюдается как континуум, что свидетельствует о монотонности изменений H и физических параметров (температуры и плотности) в условиях квазистационарного состояния солнечной плазмы. Однако можно предполагать, что иногда, при особых условиях, в атмосфере Солнца могут возникать локальные области, яркость циклотронного излучения которых резко возрастает в ограниченном диапазоне частот. Единственный такой случай по наблюдениям на РАТАН-600 был зарегистрирован в 1996 г. (Богод, Гараймов, Железняков, Злотник) на частоте 3.52 ГГц при исследовании спектра активной области (АО) AR 7962 с высоким частотным разрешением. Событие длилось 3 дня, поток его составлял 20-35% от потока всей области, относительная ширина линии по уровню $0.5 \sim 10\%$.

В своем докладе мы представляем новый случай наблюдений на РАТАН-600 узкополостного события, произошедшего 06.10.2014 г. В отличие от события 1996 г., оно было кратковременным и длилось не более 3 секунд времени. Максимум всплеска наблюдался на частоте 4.2 ГГц, ширина полосы всплеска не более 0.2 ГГц. Сопоставление с наблюдениями Солнца в других спектральных диапазонах позволило отождествить это событие со слабой вспышкой, происшедшей в хвостовой части АО NOAA 12182. В максимуме события поток от источника всплеска был сравним с интегральным потоком от всей АО, а степень поляризации составляла 12.5% с преобладанием необыкновенной моды излучения. Предварительно можно заключить, что событие было спровоцировано пролетом быстрых частиц

($T_e \sim$ несколько МК) вдоль (или через) аркаду низких арок, а именно, сквозь слой плазмы с $H \approx 500$ Гс. Приведены спектр плотности потока излучения этой АО и результаты отождествления события.

**Механизмы ускорения солнечного ветра
и формирование установившегося
сверхзвукового потока**

Лотова Н.А.¹, Субаев И.А.², Корелов О.А.³

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

²*Пуцинская радиоастрономическая обсерватория им. В.В.Виткевича АКЦ Физического института им. П.Н.Лебедева, РАН, Москва*

³*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение, научно-исследовательский радиофизический институт (ФГБНУ НИРФИ), Нижний Новгород*

В Пуцинской Радиоастрономической обсерватории им. В.В.Виткевича в последнее время, (2010-2013) г.г. впервые начали проводиться эксперименты по изучению радиальной зависимости угла рассеяния $\theta(R)$ в непрерывном режиме наблюдений широкой области межпланетного пространства, $R \sim (4-130)R_S$. Эксперименты проводятся на радиотелескопе ДКР-1000, $\lambda = 2.7$ м. с использованием в качестве просвечивающих радиоисточников мощных внегалактических квазаров.

На этой основе удалось изучить весь процесс ускорения солнечного ветра, который, как было показано, связан с пятью последовательными этапами: начальным непрерывным магнитогидродинамическим ускорением солнечного ветра, которое формируется магнитными полями Солнца и солнечной короны, последовательностью четырех этапов ударного ускорения солнечного ветра на волновых процессах в межпланетной среде.

В результате на радиальном расстоянии от Солнца $R \leq 90R_S$ возникает другой режим течения – инерционное течение солнечного ветра. Определение нижней границы инерционного течения солнечного ветра может представлять интерес в развитии полетов КА.

Долговременные тренды и сезонные вариации геомагнитных бурь в 1878–1954 годах

Птицына Н.Г., Солдатов В.А., Соколов В.Н., Тясто М.И.

СПбФИЗМИРАН, Санкт-Петербург, mail: nataliaptitsyna@ya.ru

Мы проанализировали магнитные бури, зарегистрированные в обсерваториях Ст. Петербурга (Павловск/Слупск, Воейково) в 1878-1954 г.г. (12-18 циклы солнечной активности). Эти бури были разделены ранее составителями бумажных каталогов на два типа: с внезапным SC и постепенным GC началом. Кроме того, бури классифицированы по амплитуде: умеренные, сильные и очень сильные. Анализ показал, что для всех типов бурь наблюдается численный рост начиная с 1900 г. Вклад SC и GC бурь в общее количество менялся в течении исследуемого периода. Процент SC бурь возрос с 18% до 34%, т.е. практически удвоился за первую половину 20-ого века. Процент GC бурь уменьшился с 86% до 66%. SC бури вызываются выбросами корональной массы из закрытых магнитных структур на Солнце, а GC бури –коротирующими потоками из открытых магнитных структур, от корональных дыр. Т.о., этот результат, по-видимому, свидетельствует о том, что активность обоих типов солнечных магнитных структур росла, но активность полей с закрытыми силовыми линиями в первой половине 20-ого века росла быстрее. Все типы бурь демонстрируют ожидаемую сезонную вариацию с максимумами в периоды весеннего и осеннего равноденствия. Однако, какова достоверность максимумов и какой из них доминирует, зависит от типа бурь. Рассмотрение данных отдельно для четных и нечетных циклов выявило, что весенний максимум числа бурь четко приходится на март, в то время как осенний варьирует от августа до ноября в зависимости от типа бурь. Для нашего набора данных (1878-1954) Характерной особенностью бурь с внезапным началом является наличие в нечетном цикле доминирующего максимума в июле. Эта годовая вариация может быть вызвана годовой вариацией в числе межпланетных ударных волн ssc на орбите Земли из-за асимметрии пространства солнечного ветра.

Оценки погрешностей получения среднегодовых значений чисел Вольфа по среднемесячным

Ривин Ю.Р.

e-mail: yu_rivin@online.de

График изменения суточных высот чисел Вольфа (W) на интервале 1818-1985 гг., приведённый в каталоге ([1], p.105), показывает, что суточные и внутригодовые изменения W хаотический процесс случайных событий. К такой его трактовке склоняются и авторы [1, 2, 3]. По данным этого каталога проведено определение среднеквадратической погрешности среднегодовых значений $\sigma(W_{yr})$ через среднемесячные величины отдельно для эпох минимумов ~ 11 -летних циклов на интервале 1755–1976 гг., а также для эпох максимумов на интервале 1860–1979 гг.. Расчеты показывают, что $\sigma(W_{yr}) \sim 0.2 W_{yr}$.

При получении более точных величин $\sigma(W_{yr})$ ежегодные разности месячных и годовых значений W дополнительно центрировались для получения близких величин положительных и отрицательных сумм, что в некоторых случаях приводило к необходимости изменения W_{yr} .

Полученные оценки $\sigma(W_{yr})$ свидетельствуют:

— погрешность определения высот циклов много выше (что более соответствует реальности) тех, которые приводятся в каталогах с точностью одного знака после запятой;

— необходим их учет в прогнозах максимумов будущих 11-летних циклов W и при построении моделей источников таких циклов.

- [1] World Data Center A for Solar – Terrestrial Physics. Sunspot numbers: 1610 – 1985 // Report UAG – 95. 1987.
- [2] Рабинович М.И. Стохастические автоколебания и турбулентность // Успехи физических наук. Т. 125. Вып. 1. С. 123 – 168. 1978.
- [3] Кремлевский М.Н., Блинов А.В. Реккурентная модель динамики 11-летних циклов солнечной активности // Письма в АЖ. Т. 20. №2. Р. 150 -154. 1994.
- [4] Lawrence J.K., Cadavid A.C., Ruzmaikin A.A. Turbulent and chaotic dynamics underlying solar magnetic variability// Astrophys. J., V. 455. Pt 1. P. 366 — 375. 1995.

Циклы и антициклы активности северного и южного полушарий Солнца

Рябов М.И.

*Одесская обсерватория «Уран-4» Института радиоастрономии
НАН Украины*

В настоящее время общепринятым является представление солнечных циклов по среднемесячным данным и сглаженных значений по различным индексам от всего солнечного диска. Подобное статистическое представление создает иллюзию монотонного изменения индексов и представлений о единстве проявления солнечной активности от всего солнечного диска. В данной работе проведено обобщение ранее представленных работ [1, 2] на основе данных активности северного (N) и южного полушария (S), полученных методом вейвлет анализа и полосовой Фурье фильтрации. На их основе показано существование «скрытых» свойств солнечных N и S циклов, которые ранее не учитывались. Ежедневные наблюдательные данные свидетельствуют о наличии дискретных свойств проявлений свойств солнечного цикла когда эпизодически и в основном одновременно отмечается отсутствие пятен на Солнце в северном и южном полушариях. Свойства дискретности определены по данным «spotless days» на основе которых получены их ежемесячные и годовые величины для северного и южного полушарий Солнца. Последовательность таких периодов определяют существование антицикла активности. Определены характеристики дискретности антициклов активности. В числе обнаруженных различий N и S циклов: время начала, конца, продолжительности максимумов, свойства дискретности, динамика основных периодов, временные интервалы последовательного и совместного проявления, время максимумов, эффекты «сбросов» и «синхронизации». Существенным является различие набора квазипериодических процессов формирующих активность северного и южного полушарий Солнца генерируемых на различных уровнях конвективной зоны. Все эти свойства демонстрируют плазменные свойства циклов активности в которых происходят динамические процессы слияния, разделения и трендовых изменений периодов на различных временных масштабах. Свойства циклов и антициклов активности дают более полную картину развития солнечной активности. Таким образом физическим обоснованием существующей проблемы северо-южной асимметрии является представление солнечных циклов, как проявление раздельной активности северного и южного полушария, что и должно быть основой прогнозирования и исследований характера солнечно-земных связей.

- [1] М.И. Рябов, А.Л. Сухарев, Л.И. Собыняк, С.А. Лукашук. Циклы северного и южного полушарий Солнца и их влияние на характер солнечно-земных связей // Сборник статей, «Солнечная и солнечно-земная физика – 2013», Санкт-Петербург, 2013, стр.235-239
- [2] M. I. Ryabov Activity of the Northern and Southern Hemispheres as a Basis of the Solar Cycle Manifestation, “Geomagnetism and Aeronomy” Vol. 55, No. 8, 2015, p.1089-1097

**Динамика температуры и меры эмиссии солнечных
вспышек 29.06.2002 и 27.03.2003 гг. на основе
результатов измерения рентгеновского излучения
спектрометром «ИРИС»**

***Савченко М.И.¹, Ватагин П.В.¹, Лазутков В.П.¹,
Скородумов Д.В.¹, Кудрявцев И.В.^{1,2}, Чариков Ю.Е.^{1,3}***

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

² *ГАО РАН, Санкт-Петербург*

³ *СПбПУ Петра Великого, Санкт-Петербург*

Мы проанализировали временные изменения температуры и меры эмиссии плазмы для солнечных вспышек 29.06.2002 и 27.03.2003 гг. на основе анализа мягкого рентгеновского излучения, зарегистрированного спектрометром «ИРИС» во время полета «КОРОНАС-Ф». Измерения проводились в диапазоне 2 – 15 кэВ в 32 энергетических каналах с временным разрешением 1с с помощью пропорциональных детекторов. Температура и мера эмиссии рассчитывались в приближении тепловой модели. Во время лимбовой вспышки 27.03.2003г. (класс C2.2) по данным спутника GOES наблюдались 3 предвестника на 25 минутном интервале. Данные сцинтилляционных детекторов прибора «ИРИС» указывают на то, что максимум жесткого излучения (>15 кэВ) опережает пик мягкого на несколько минут. На начальной фазе развития вспышки наблюдается быстрый разогрев локальной области до температуры выше 10^7 К, после чего наступает расширение вспышечной области с увеличением меры эмиссии. Изображения, полученные прибором RHESSI, показывают, что источник мягкого излучения расширяется, смещаясь вверх, в корону. Другая вспышка 29.06.2002г. (класс C2.6) являлась тепловой. Стадия преднагрева сменялась высокотемпературным нагревом компактной области, в последующие моменты времени происходило ее охлаждение и расширение. Однако за таким уменьшением температуры в дальнейшем следовал её рост. Подобная динамика температуры и меры эмиссии свидетельствовала о том, что во время вспышки 29.06.2002г. имело место как минимум два последовательных процесса энерговыделения, возможно пространственно разделенных.

Достоинства и недостатки численных МГД моделей магнитосферы

Самсонов А.А.

*Санкт-Петербургский Государственный Университет,
Санкт-Петербург, e-mail: a.samsonov@spbu.ru*

В настоящее время в мире разработано несколько глобальных численных магнитогидродинамических моделей магнитосферы Земли. Мы представляем новую модель, которая разрабатывается в Санкт-Петербургском Государственном Университете. На входе в модели используются параметры сверхзвукового солнечного ветра до отошедшей ударной волны. Решение воспроизводит глобальную конфигурацию магнитосферы, которая включает в себя отошедшую ударную волну, магнитопаузу, магнитосферный хвост. В модель входит отдельный блок, описывающий систему магнитосферно-ионосферных токов. Таким образом, модель позволяет рассчитывать наземные вариации магнитного поля. Модель дает принципиальную возможность предсказывать магнитосферный отклик на любые изменения солнечного ветра. Основным недостатком МГД подхода является невозможность воспроизводить кинетические процессы, что имеет наибольшее значение при описании внутренней магнитосферы. Однако МГД модели можно комбинировать с другими магнитосферно-ионосферно-атмосферными моделями, благодаря чему возможности глобального моделирования будут значительно расширены.

О возможности повышения точности прогнозирования солнечной активности на основе модели нелинейного динамо

Сафиуллин Н.Т.¹, Поршнев С.В.², Клиорин Н.И.³

¹ *ИРИТ-РтФ, УрФУ, Екатеринбург e-mail: n.t.safiullin@urfu.ru*

² *ИРИТ-РтФ, УрФУ, Екатеринбург e-mail: s.v.porshnev@urfu.ru*

³ *Ben-Gurion University of Negev, Beer-Sheva, Israel
e-mail: nat@bgu.ac.il*

Прогноз солнечной активности на различных временных интервалах: месяцы, годы, десятилетия, находится в центре внимания гео-гелиофизики по крайней мере последние 100 лет. Однако качество прогнозов, получаемых при использовании известных методов прогнозирования временных рядов (ВР), основанных на формальных моделях (например, модели МА,

AR, ARMA, GARCH, модификации регрессионных моделей и т.д., в которых не учитываются особенности физических процессов, определяющих динамику системы, породившей ряд), оказывается не удовлетворительным. Например, предсказания уровня солнечной активности в последнем цикле в сравнении с наблюдаемыми значениями оказываются завышенными.

В [1] было предложено использовать для прогнозирования солнечной активности математическую модель, основанную на теории спирального динамо и неустойчивости, связанной с эффектом отрицательного магнитного давления. Выбранный подход позволил с приемлемой точностью рассчитать значения среднемесячных чисел Вольфа в период с 1745 по 2016 гг. (корреляция между синтезированным и наблюдаемым ВР составила $\approx 65\%$).

В докладе обсуждается опыт совместного использования выбранной модели солнечной активности [1] и технологии Data Assimilation. Приведены результаты, свидетельствующие о повышении точности синтетических чисел Вольфа (корреляция между синтезированным и наблюдаемым ВР в период с 1853-2015 гг. составила $\approx 80\%$). Предложена модификация модели, обеспечивающая возможность вычисления не только одномерных ВР (числа Вольфа), но и широтно-временных (баттерфляй) диаграмм, которые согласуются с наблюдаемыми баттерфляй-диаграммами, а также удовлетворительно описывают, так называемую, полярную ветвь солнечной активности.

[1] Kleeorin, et al. // MNRAS, 2016, v. 460 (4), p. 3960-3967

О близости солнечных и лунных циклов

Сидоренков *Н.С.*¹, Wilson Ian R. G.²

¹*Гидрометеорологический научно-исследовательский центр
Российской Федерации, Москва, e-mail: sidorenkov@mecom.ru*

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

Синодический период вращения Солнца почти совпадает с сидерическим периодом обращения Луны (27.3 сут.). Одиннадцатилетний цикл солнечной активности совпадает с циклом затмений Тритос (Tritos). Вековой цикл солнечной активности близок к 93 -х летнему лунному циклу.

Вследствие этих совпадений причину месячного, одиннадцатилетнего и векового периодов и их супергармоник в земных процессах специалисты

по солнечно-земным связям приписывают Солнцу, а геофизики – лунно-солнечным приливам. В докладе обсуждаются возможности разделения солнечных и лунных циклов путем спектрального анализа, исследования разностных частот, выявления биений, резонансов.

Вклад изменений солнечной постоянной в расчет инсоляции за период голоцена

Скакун А.А.^{1,2}, Волобуев Д.М.¹

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

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

Инсоляция является одним из важнейших факторов, влияющих на изменения глобального климата и погоды. Как следствие, ее точный расчет — актуальный вопрос современной климатологии. В настоящей работе мы приводим расчет годовой инсоляции в течение голоцена с учетом меняющейся солнечной постоянной (TSI), оцененной из содержания радиоуглерода в кольцах деревьев. Мы получили, что изменения инсоляции в широтных поясах носят характер тренда, который определяется положением Земли в пространстве, причем с течением времени широтный градиент инсоляции растет от полюсов к экватору. Изменения интегральной инсоляции по сфере и интегральных инсоляций по полушариям имеют незначительный тренд, вносимый орбитальной составляющей, но в большей мере определяются изменениями солнечной постоянной (ее вклад в изменения амплитуды инсоляции в 10 раз больше, чем вклад орбитальных параметров). Также мы выяснили, что северное полушарие интегрально получает больше солнечной энергии, чем южное. Данные результаты могут быть использованы при интерпретации глобальных изменений климата.

Следы солнечного турбулентного динамо и статистика солнечных пятен

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

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

²Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория,
С.-Петербург, e-mail: vabramenko@gmail.com

³ИСЗФ, Иркутск, e-mail: hlystova@iszf.irk.r

Возникновение магнитного поля Солнца связывают с работой динамо среднего поля (крупномасштабное динамо), основанного на совместном действии дифференциального вращения Солнца и переноса магнитного поля зеркально-асимметричной конвекцией. Динамо среднего поля не исчерпывает все многообразие процессов переноса магнитного поля на Солнце, поскольку оно не берется, например, описывать в деталях процесс пятнообразования. Важно, однако, известен и другой механизм самовозбуждения магнитных полей, не связанный имманентно с зеркальной асимметрией конвекции (турбулентное, или мелкомасштабное динамо). До настоящего времени соотношение между этими двумя механизмами исследовано недостаточно как теоретически, так и в плане обработки наблюдений. По-видимому, молчаливо предполагалось, что работают оба механизма, но азделить их вклад практически невозможно, поскольку динамо среднего поля генерирует не только крупномасштабное, но и мелкомасштабное магнитное поле, хотяпрямого описания этого процесса можно избежать при формулировке уравнений динамо среднего поля. Ситуация существенно изменилась несколько лет назад после того, как Стенфло в серии своих статей и докладов привел аргументы в пользу того, что турбулентное динамо не вносит заметного вклада в магнитный поток на поверхности Солнца. Эти аргументы не представляются бесспорными, но, независимо от их оценки, встает вопрос о том, как найти друшие трасеры, позволяющие судить о том, работает ли турбулентное динамо в глубинах солнечной конвективной зоны, хотя генерируемое им магнитное поле,возможно, непосредственно и не проникает на поверхность Солнца. В докладе предлагается такой трасер, основанный на статистике групп ссолнечных пятен, нарушающих правило полярности Хейла. Показано, что поведение этого трасера в ходе нескольких циклов свидетельствует о работе мелкомасштабного динамо наряду с крупномасштабным.

3D модель уединенной корональной петли

Соловьев А.А.^{1,2}

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

² Калмыцкий государственный университет, e-mail: solov@gao.spb.ru

Дается точное аналитическое решение стационарной задачи идеальной МГД для температурно-плотностных распределений и скорости течений плазмы в трехмерной (3D) корональной петле, погруженной в реалистическую солнечную атмосферу; рассчитываются радиальные и вертикальные профили давления, плотности и температуры корональных петель.

Модель описывает основные особенности уединенной корональной петли: i. нескрученное магнитное поле; ii. постоянство радиуса сечения вдоль петли; iii. разогрев плазмы в петле у её нижних оснований.

О модификации «прижатых» атмосфер в активных областях ультрахолодных звезд

Зайцев В.В.¹, Кронштадтов П.В.¹, Степанов А.В.²

¹ Институт прикладной физики РАН, г. Нижний Новгород

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

Ультрахолодные звезды, как правило, имеют активные области, о чем свидетельствует мощное радиоизлучение, промодулированное вращением звезды вокруг своей оси. Обычно это излучение интерпретируется на основе механизма электронного циклотронного мазера, реализующегося в активных областях. Плазменный механизм радиоизлучения при этом не рассматривается на том основании, что атмосферы ультрахолодных звезд сильно «прижаты» к поверхности и на корональных уровнях плазменная частота много меньше электронной гирочастоты ($\omega_L \ll \omega_B$). В работе рассмотрена возможность существования в активных областях ультрахолодных звезд системы корональных магнитных петель с электрическим током, генерируемым фотосферной конвекцией. Показано, что диссипация токов приводит к повышению температуры внутри петель до значений порядка 10^6 К, в результате чего возрастает шкала высоты неоднородной атмосферы и на корональных уровнях реализуется условие $\omega_L \gg \omega_B$, т.е. плазменный механизм радиоизлучения становится преобладающим над

механизмом электронного циклотронного мазера. На примере коричневого карлика TVLM5B-46546 оценены параметры магнитных петель, величина генерируемых фотосферной конвекцией электрических токов и эффективность нагрева плазмы внутри магнитных петель. Вычислена шкала высоты модифицированной атмосферы и показана возможность реализации плазменного механизма радиоизлучения в активных областях коричневого карлика. Работа поддержана грантом РФФИ № 16-12-10448.

Структура и динамика одинокых факельных образований

*Стрекалова П.В.¹, Риехонкайнен А.², Наговицын Ю.А.¹,
Колотков Д.Ю.³, Смирнова В.В.^{1,2}*

¹Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,
auriga-lynx@yandex.ru

²*University of Turku, Finland*

³*University of Warwick, Coventry, UK*

По данным, полученным космическим аппаратом SDO, проведен анализ длинных квазипериодических вариаций магнитного поля факельных образований в линии 6173Å, и квазипериодических вариаций интенсивности в фотосферных линиях 1600Å, 1700Å и в хромосферной линии 304Å. Проведено сравнение полученных периодов. Рассмотрены жизненный цикл и структура факельных образований. Также сделано сравнение сечений в линиях, в магнитном поле и в континууме. Для некоторых объектов проведен анализ полученных периодов на цветные шумы [1], с использованием метода Empirical Mode Decomposition [2].

- [1] Kolotkov, D. Y., Anfinogentov, S. A., & Nakariakov, V. M. 2016, A&A, 592, A153.
- [2] Huang, N. E., Shen, Z., Long, S. R., et al. 1998, Proceedings of the Royal Society of London Series A, 454, 903.

Источники общего магнитного поля Солнца как звезды

Стрижак Ю.В.¹, Полявин Д.И.¹

¹ Санкт-Петербургский Государственный Университет,
Санкт-Петербург, e-mail: triciya0@mail.ru

В данной работе проводилось исследование магнитного поля Солнца в разбиении на несколько диапазонов величин с целью определения источников ротации общего магнитного поля (ОМП). В качестве базы данных использовался архив ежедневных магнитограмм высокого разрешения и динамического диапазона космической обсерватории Solar Dynamic Observatory[1]. Был проведен анализ, в ходе которого выяснилось, что поле диапазона средних величин больше других влияет на ОМП, вследствие чего данный диапазон рассматривался более детально. Для отделения источников полей изучаемого диапазона друг от друга и расчета вкладов от каждого из них использовался алгоритм кластеризации DBSCAN. Проведенный анализ охватывает период с 2011 по 2015 год включительно.

[1] <http://jsoc.stanford.edu/ajax/lookdata.html>

Биологические эффекты изменения космической и земной погоды

Ступишина О.М.¹, Головина Е.Г.²

¹ Санкт-Петербургский государственный университет,
С.-Петербург, e-mail: olgastupishina@yandex.ru

² Российский государственный гидрометеорологический университет, С.-Петербург, e-mail: goloveg@yandex.ru

В работе предлагаются результаты анализа комплекса параметров внешней среды, наблюдавшегося в дни разного количества внезапных кардиальных смертей (ВКС). Исследование проведено на материале судебно-медицинской регистрации ВКС в периоды 2002 и 2006 г. г. на улицах Санкт-Петербурга. Общее количество зарегистрированных ВКС равно 13038 (женщины: 4981; мужчины: 8057). Медицинские данные предоставлены к.м.н, доцентом кафедры госпитальной терапии академии им И. И. Мечникова Кухарчик Г.А. Медицинская информация обработана с целью формирования однородных групп по признакам пола и возраста людей с одним диагнозом – ишемическая болезнь сердца (ИБС). Погода представлена комплексом параметров из 2-х составляющих – космической погоды

и земной погоды. Образуют комплекс 5 блоков характеристик, описывающих: 1) вариации параметров солнечной активности (СА); 2) вариации параметров межпланетной среды в окрестностях Земли; 3) вариации параметров геомагнитного поля; 4) вариации параметров электрического поля атмосферы; 5) вариации параметров полей метеорологических величин. Наиболее значимые результаты: (1) медианное для конкретного календарного сезона количество ВКС чаще всего наблюдалась при нормальном для этого сезона состоянии внешней среды; (2) одноименные календарные сезоны не были сходны как по характеристикам внешней среды (разные фазы цикла СА, разные состояния атмосферы), так же и по значимости вариаций параметров внешней среды для состояния человеческого организма, следовательно, исключена возможность медицинского прогноза на сезон без учета его конкретных особенностей, (3) блоки космической погоды чаще других блоков внешней среды различались своими характеристиками разброса при регистрации их с различным количеством ВКС.

Корональные дыры как трассеры глобального магнитного поля Солнца в 21-24 циклах солнечной активности

Биленко И.А.¹, Тавастшерна К.С.²,

¹*Государственный астрономический институт им. П.К.
Штернберга, Московского государственного университета им.
М.В. Ломоносова, Москва, e-mail: bilenko@sai.msu.ru*

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

Известно, что динамика корональных дыр демонстрирует 11-летнюю и 22-летнюю периодичности связанные с цикличностью солнечной активности. Поскольку корональные дыры локализируются в областях с четко выраженным доминированием одной из полярностей магнитного поля, то они могут быть использованы в качестве трассеров при исследовании динамики магнитных полей положительной и отрицательной полярности в циклах солнечной активности.

В работе рассмотрены параметры корональных дыр в 21–24 циклах солнечной активности. Использованы данные каталога корональных дыр Кисловодской Горной астрономической станции Главной (Пулковской) астрономической обсерватории РАН ([1]). Выделены популяции полярных и не полярных корональных дыр. Выявлены характерные закономерности формирования корональных дыр разных типов на различных фазах солнечных циклов. Показаны различия в параметрах корональных дыр

в зависимости от высоты цикла. Исследованы как временные, так и пространственные распределения полярных и не полярных корональных дыр. Сопоставлены как широтные, так и долготные распределения корональных дыр в различных циклах и проанализированы их сходства и различия.

Проведено сопоставление циклических изменений пространственно-временных распределений корональных дыр и глобального магнитного поля Солнца в 21–24 циклах. Исследованы зависимости параметров полярных и не полярных корональных дыр от параметров глобального магнитного поля Солнца. Исследовано влияние изменений структурной организации глобального магнитного поля на пространственно-временные распределения и параметры корональных дыр на разных фазах 21–24 циклов.

- [1] Tlatov A., Tavastsherna K., Vasil'eva V. // Solar Physics., 2014, v. 289, p. 1349.

Моделирование и прогноз параметров космической погоды на основе национальных данных наблюдений солнечной активности

Тлатов А.Г.^{1,2}

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

² *КалмГУ, Элиста*

Рассмотрены перспективы создания системы прогноза параметров космической погоды (КП), на основе национальных средств наблюдений солнечной активности. Прогноз космической погоды можно условно разбить на две составляющие. Прогноз рекуррентных медленно меняющихся событий, связанных с топологией крупномасштабного магнитного поля и наблюдения быстропротекающих явлений, таких как солнечные вспышки и эруптивные процессы, и прогноз последствий на орбите Земли. Для реализации прогноза рекуррентных событий могут быть использованы синоптические наблюдения солнечной активности, в частности регулярные наблюдения крупномасштабного поля на телескопах-магнитографах оперативного прогноза СТОП.

Для прогноза последствий солнечных вспышек и эруптивных выбросов необходимо создание наблюдательных средств для непрерывного наблюдения за солнечной активностью. Для этого целесообразно создание разнесенных по долготе наблюдательных пунктов, состоящих из патрульных оптических автоматизированных телескопов-спектрогелиографов и

радиотелескопов сантиметрового диапазона. Опыт эксплуатации патрульных автоматизированных телескопов-спектрогелиографов на ГАС ГАО с 2012 показал, что наземные спектральные наблюдения могут эффективно использоваться для оценки мощности солнечных вспышек, аналогичным наблюдениям в УФ и рентгеновском диапазоне, по данным спутников GOES.

На следующем этапе данные оперативных наблюдений должны быть включены в модели распространения возмущений от Солнца в межпланетном пространстве до орбиты Земли, для определения параметров солнечного ветра, высокоэнергичных частиц и параметров возмущений магнитосферы Земли.

Сравнительные свойства протуберанцев в 16-м цикле активности

Тлатова К.А.

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

Выполнена оцифровка ежедневных зарисовок солнечных протуберанцев по данным наблюдений за период 1922-1934 гг. Наблюдения протуберанцев выполнялись международной наблюдательной сетью визуальных солнечных спектроскопов, в которую входили обсерватории Римской обсерватории, Arcetri, Catania (Италия), Kalocsa (Венгрия), Madrid (Испания), Медон (Франция), Zo-se (Китай), Одесса (Россия), Zurigo (Швейцария). Первые регулярные наблюдения относятся к 1869 году и были начаты А. Secchi и Р. Tacchini и публиковались с 1872 в трудах "Memorie Societa Degli Spectrosopisti Italliani", а позже с 1922 года в трудах "Transactions of the International Astronomical Union".

Данные представляют собой подробные зарисовки структур протуберанцев, представленные в виде развертки лимба и объектов над ним за каждый день. Для оцифровки протуберанцев было разработано программное обеспечение, для выделения и запоминания формы протуберанцев, а также их координат. Всего в период 1922-1934 гг. было выделено более 55 тыс. протуберанцев, что позволяет изучить их свойства на различных широтах.

В данной работе представлены результаты анализа распределения площади, высоты, положений протуберанцев в 16-м цикле активности, а также проводится сравнительный анализ свойств протуберанцев с более поздними наблюдениями на Кисловодской Горной астрономической станции ГАО РАН в период 1957-2016 гг.

О предсказании больших солнечных вспышек по топологии HMI/SDO магнитограмм

Уртъев Ф.¹, Князева И.С.¹

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

В работе исследуется влияние различных факторов на результаты численных экспериментов по прогнозу вспышек. Это прежде всего неоднородность обучающей выборки магнитограмм по составу и динамическим режимам, из-за отсутствия сложных вспышечно-спокойных АО [1]. Использование около 30 дескрипторов сложности приводит к мартингалу, т.е. варианту, «сегодня, как вчера», как следствию эффекта концентрации меры в пространствах большой размерности.

Мы используем два дескриптора, известных из вычислительной топологии. Это персистентные числа Бетти, которые измеряют два основных топологических свойства: число компонент связности и число «дыр» при фильтрации поля по уровням значений напряженности. Компоненты связности образуются минимумами поля. Они объединяются или умирают при появлении соседнего максимума. Дыры образуют замкнутые области поля, выделенные пикселями низких значений [2]. Мы используем эти два топологических инварианта в схеме Support Vector Regression, для того, чтобы сравнить наши результаты с недавними публикациями [3]. Фильтрация естественным образом охватывает все масштабы наблюдаемого поля и исходные данные не требуют предобработки. Для оценок чисел Бетти используется естественная стратификация поля по подуровням, в отличие от равномерного разбиения всего диапазона напряженностей. Полученная нами эффективность прогноза для времени до вспышки, оказалась не хуже, чем известная из публикаций (напр. [3]) и полученная по большому числу (≈ 30) дескрипторов. Однако, даже эти фундаментальные предикторы не позволяют достичь 100% эффективности. В докладе обсуждаются возможные причины и следствия этого обстоятельства.

- [1] Leka K.D. et al. // Astrophys. J., 2016, arXiv e-print: 1608.06319.
- [2] Edelsbrunner H., Harer J.L. // Computational Topology. Introduction, Am. Math. Soc., Providence, Rhode Island, 2010.
- [3] Boucheron L.E., Al-Ghraibah A. and McAteer R.T.J. // The Astroph. J., 2015, v. 812, n. 1.

Влияние турбулентности вистлеров на распределение быстрых электронов и их гиросинхротронное излучение 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

Известно, что быстрые электроны, инжектированные во вспышечную петлю генерируют ее микроволновое излучение. Характеристики этого излучения определяются как параметрами инжекции, так и параметрами петли, в частности, распределением быстрых электронов по энергии, pitch-углу и по длине петли. Хорошо известно влияние столкновительного кулоновского взаимодействия быстрых электронов с частицами фоновой плазмы. Вместе с тем, взаимодействие энергичных электронов с волновой турбулентностью изучено недостаточно.

В настоящей работе рассматривается взаимодействие быстрых электронов с вистлерами. Рассмотрение проводится для модели петли с заданным стационарным распределением магнитного поля и плотности плазмы, и с нестационарной инжекцией быстрых электронов. Кинетика электронов исследуется в каждой точке петли в диффузионном приближении, для этого проводится численное решение нестационарного уравнения Фоккера-Планка с коэффициентами трения и диффузии, вычисленными для резонансного взаимодействия с вистлерами. При этом спектральная плотность энергии пакета волн рассчитывается из согласованной динамики волнового пакета и быстрых электронов в квазилинейном приближении. Исследовано влияние параметров этих волн на торможение-ускорение быстрых электронов, на их распределение вдоль петли, на время удержания в магнитном поле петли, а также на характеристики их гиросинхротронного излучения. Проведено соответствующее сравнение с влиянием кулоновских столкновений.

Изотопные следы сверхмощных солнечных событий

*Васильев Г.И.¹, Остряков В.М.², Павлов А.К.^{1,2},
Струминский А.Б.³, Фролов Д.А.²*

¹ ФТИ им. А.Ф.Иоффе, С.-Петербург,
e-mail: anatoli.pavlov@mail.ioffe.ru

² СПбПУ Петра Великого, С.-Петербург,
e-mail: undead.rus@gmail.com

³ ИКИ РАН, Москва, e-mail: astrum@iki.rssi.ru

Экстремальное космическое событие, произошедшее в 775 г. н.э., было обнаружено с помощью измерений ^{14}C в кольцах деревьев и изотопов ^{10}Be и ^{36}Cl в кернах полярных льдов. Природа этого явления до сих пор не вполне ясна. Имеются две наиболее обсуждаемые гипотезы: воздействие на атмосферу Земли мощной солнечной вспышки и гамма-излучения от Галактического гамма-всплеска. В рамках первой гипотезы вспышка должна быть наиболее энергичным протонным событием за прошедшие несколько тысяч лет. Известные мощные солнечные вспышки последних десятилетий не оставили изотопных следов в земных образцах. Предполагая, что рассматриваемое нами экстремальное событие представляло собой солнечную вспышку, мы выполнили с помощью пакета GEANT4 расчеты образования долгоживущих космогенных радионуклидов ^{14}C , ^{10}Be , ^{36}Cl , ^{26}Al в атмосфере Земли и поверхностных слоях лунного грунта.

На основе сравнения результатов расчетов с экспериментальными данными по содержанию радионуклидов в лунных породах, кольцах деревьев и кернах полярных льдов установлено, что наиболее подходящим модельным спектром является спектр события 1956 года. Однако, и в этом случае невозможно корректно описать наблюдаемые отношения $^{14}\text{C}/^{10}\text{Be}$ и $^{14}\text{C}/^{36}\text{Cl}$.

Общий поток частиц в суперсобытии 775 г.н.э. в десятки-сотни раз превосходил потоки известных наиболее мощных солнечных вспышек.

Моделирование образования радионуклидов в лунном грунте показывает, что частота событий, подобных событию 775 г.н.э., не превышает 1-5 события за 10^4 лет.

Энергия диссипации магнитного поля и ее связь с электрическими токами в фотосфере Солнца

Фурсяк Ю.А.¹, Абраменко В.И.^{1,2}

¹Крымская астрофизическая обсерватория РАН, п. Научный,
Республика Крым, Россия, e-mail: yuriy_fursyak@mail.ru,
vabramenko@gmail.com

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

По магнитограммам продольной составляющей магнитного поля, полученным с помощью Helioseismic and Magnetic Imager (HMI) на борту Solar Dynamic Observatory (SDO) построены карты распределения величины энергии диссипации магнитного поля в области NOAA AR11283 за период с 3 по 8 сентября 2011 года. Показано, что структура энергии диссипации вертикальной составляющей магнитного поля несет значимую информацию о горизонтальных электрических токах в тонком фотосферном слое. Этот вывод основан на следующих наблюдательных фактах: 1) взаимные временные изменения магнитного потока пятна и плотности кольцевого горизонтального тока вокруг пятна согласуются с законом Фарадея и правилом Ленца; 2) полученные оценки величины плотности кольцевого горизонтального тока $|j_{\perp}| = 0.04-0.06 \text{ А м}^{-2}$ находятся в соответствии со значениями плотности тока, полученными в более ранних работах. Ценность этого результата состоит в том, что в настоящее время не существует прямых методов вычислять поперечные токи на основе данных наблюдений: для таких вычислений необходима информация о векторе поля, измеренном одновременно не нескольких (по крайней мере, на двух) уровнях в фотосфере, чего пока не могут обеспечить солнечные инструменты.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 16-02-00221 А и 16-42-910493, Программы 7 Президиума Российской академии наук.

Феноменологическая модель резонансного затухания изгибных колебаний корональных петель

Цап Ю.Т.^{1,2}, Копылова Ю.Г.², Степанов А.В.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: yulia00@mail.ru

В рамках модели Спруита [1] рассматриваются изгибные колебания корональных петель в приближении тонкой магнитной трубки с неоднородной границей конечной толщины. Исходя из механической аналогии между резонансным механизмом затухания колебаний петель и динамическим гасителем колебаний получены оценки декремента, согласующиеся с результатами, следующими из анализа волнового уравнения. Обсуждаются следствия полученных результатов.

[1] Spruit H.C. // Astron. Astrophys., 1981, v 98, p.155.

Влияние взаимодействия фотосферы Солнца с ускоренными в солнечных вспышках ядрами на изотопный состав солнечного ветра.

*Васильев Г.И.¹, Остряков В.М.², Павлов А.К.^{1,2},
Чакчурина М.Е.²*

¹ ФТИ им. А.Ф.Иоффе, С.-Петербург,

² СПбГПУ Петра Великого, С.-Петербург.

e-mail: maria.chakchurina@yandex.ru.

Наблюдаемые в образцах лунного грунта на глубинах в несколько сотых микрон аномальные относительно средней распространенности на Солнце соотношения изотопов могут быть объяснены изменениями в составе солнечной атмосферы. Концентрация различных изотопов, в частности ${}^6\text{Li}$, ${}^7\text{Li}$, ${}^3\text{H}$, ${}^3\text{He}$, ${}^2\text{H}$, ${}^{14}\text{C}$ и др. в ней изменяется в результате ядерных взаимодействий ускоренных в солнечных вспышках частиц с солнечной фотосферой и хромосферой. Нами было выполнено моделирование взаимодействия ускоренных в солнечных вспышках протонов и изотопов гелия с солнечной атмосферой в предположении, что генерация изотопов происходит в тонком слое вещества фотосферы ($0.01 - 0.1 \text{ г/см}^2$) с дальнейшим быстрым истечением плазмы после вспышки вместе с корональным выбросом, а также в случае, когда обогащение имеет место в процессе длительного накопления изотопов в глубоких слоях атмосферы с интенсивным конвективным перемешиванием.

Расчеты показывают, что экспериментальные данные по лунным грунтам могут объясняться только в предположении выхода части образующихся изотопов непосредственно в солнечный ветер с корональным выбросом. Также в работе обсуждается возможность наблюдения гамма-линий, сопровождающих образование изотопов.

- [1] Chaussidon M., Robert F. // Nature, v. 402, p. 270, 1999,
- [2] Jull T. et al. // Geochimica et Cosmochimica Acta, v. 62, p. 3025, 1998,
- [3] Ramaty R. et al. // Astrophysical J., v. 534, L207, 2000,
- [4] Kotov et al. // Astrophysical J., v. 473, p. 514, 1996.

**Моделирование физических процессов на основе
анализа жесткого рентгеновского и микроволнового
излучений в солнечной вспышке 10 ноября 2002г.**

Шабалин А.Н.¹, Чариков Ю.Е.^{1,2}

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

² СПбПУ Петра Великого, С.-Петербург,
e-mail: y.charikov@yandex.ru

В работе проводится анализ вспышечного события 10 ноября 2002 года в жестком рентгеновском и радио диапазонах. Данные по рентгеновскому излучению получены на спутнике RHESSI, наблюдения в радиодиапазоне выполнены на радиотелескопе Nobeyama. За основу взяты величины потока, энергетический спектр и пространственные изображения в рассматриваемых диапазонах. Исходя из наблюдаемых величин для данной вспышки, первоначально проводится моделирование распределения ускоренных электронов во вспышечной петле в предположении временного, энергетического, углового и пространственного распределений в момент инжекции на основе решения релятивистского кинетического уравнения Фоккера – Планка с восстановленным магнитным полем. По рассчитанным распределениям электронов были вычислены распределения яркости рентгеновского излучения вдоль магнитной петли, построены рентгеновские и радио изображения, которые совпадали с наблюдаемыми данными. В результате удалось наложить ограничения на параметры углового, энергетического и пространственного распределений излучающих частиц в источнике электронов.

**Роль эффекта квазипоперечного распространения
в наблюдаемом распределении поляризации
микроволнового излучения вспышечных петель**

Шаин А.В.¹, Моргачев А.С.^{2,3}, Мельников В.Ф.²

¹ МБОУ «Школа № 129», Нижний Новгород,
e-mail: alexandershain.5@gmail.com

² Пулковская обсерватория, Санкт-Петербург

³ Научно-исследовательский радиофизический институт, Нижний
Новгород

Известно, что эффект смены знака круговой поляризации при квазипоперечном распространении радиоволн играет существенную роль в формировании распределения поляризации микроволнового излучения S-компоненты активной области. В приложении к вспышечным петлям этот эффект до сих пор не учитывался, рассчитывалось распределение поляризации только самой вспышечной магнитной петли без учета влияния внешнего магнитного поля на пути распространения волны.

В отличие от более ранних работ, посвященных анализу микроволнового излучения вспышечных петель, в настоящем исследовании проведено моделирование наблюдаемого пространственного распределения поляризации гиротронного излучения вспышечной петли с учетом его возможной трансформации из-за эффекта квазипоперечного распространения во внешнем магнитном поле активной области. Для сравнения с данными наблюдений отобран ряд вспышечных петель, наблюдаемых с помощью Радиогелиографа Нобеля на частотах 17 и 34 ГГц. Структура коронального магнитного поля в соответствующих активных областях восстанавливалась по данным фотосферных магнитограмм, полученных SDO/HMI, на основе программы расчета бессилового магнитного поля программного пакета SSW — GX-Simulator. Для каждой вспышечной петли получены диапазон значений плотности плазмы вне петли, при которых в определенном интервале частот возникает инверсия поляризации из-за эффекта квазипоперечного распространения.

**Реконструкция восстановленной части ряда чисел
Вольфа по 150-летней гармонике и характеристикам
циклов достоверной части ряда чисел Вольфа**

Шибанов И.Г.

ИЗМИРАН

В работе рассматривается цюрихский ряд среднемесячных чисел Вольфа (ряд относительных чисел солнечных пятен – WSN), состоящий из восстановленных Вольфом среднемесячных значений по отрывочным наблюдениям (восстановленный ряд с 1749 г. по 1849 г.), и ряда регулярных наблюдений с 1849 г. по наши дни (достоверный ряд). В более ранней публикации [1] представлен подробный анализ этого ряда с 1749 г. по 2005 г. и выделена ~ 150 -летняя гармоника, характерная для достоверной части ряда. Сравнение характеристик спектральных компонент и анализ их гладкости для достоверной и восстановленной частей показал существенные отличия в их поведении. Также разнятся статистические характеристики групп циклов I $\div$ IX и X $\div$ XXIII соответствующих восстановленному и достоверному рядам. В работе [2] отмечена большая упорядоченность характеристик второй группы циклов, что согласуется с вышесказанным и указывает на значительные временные и амплитудные искажения восстановленного ряда. Следует отметить, что степень искажений возрастает при удалении в прошлое и менее искажены характеристики временной области примыкающей к 1849 г., т.е. область циклов VIII $\div$ IX.

Выделение длиннопериодных компонент достоверного ряда и экстраполяция их на внешний временной интервал даёт возможность для реконструкции или прогнозирования временной динамики ряда. Данная работа подтверждает наличие 150-летней гармоника для достоверной части ряда с 1849 г. по май 2015 г., что, с учетом характеристик достоверных циклов, позволяет предложить коррекцию минимума Дальтона.

- [1] Шибаев И.Г. Оценка восстановленной части ряда чисел Вольфа и возможность её коррекции // *Астрономический вестник*, 2008, Т. 42, №1. С. 66-74.
- [2] Shibaev I., Ishkov V. Investigation of the statistical characteristics of Wolf numbers reliable series: Signs of solar cycles likelihood // *Proceedings of Seventh Scientific Conference with International Participation SES 2011*, Sofia, Bulgaria, 29 November – 01 December 2011, p. 297–301, 2012.

**Возрастная динамика показаний пульса
и артериального давления
и сопоставление их с числами Вольфа**

Исайкина О.Ю.¹, Кукса Ю.И.², Шибает И.Г.³

¹*ГИПМ (Государственный институт профилактической
медицины)*

²*ЦГЭМИ ИФЗ РАН*

³*ИЗМИРАН*

Анализу наблюдений систолического артериального давления (САД), диастолического артериального давления (ДАД) и частоты сердечных сокращений, взятых из дневника самоконтроля пациента (проводимого под контролем врача), посвящена данная работа. В предыдущей публикации [1] дана общая оценка этих показаний более чем за 13 лет и отмечены отличия в характере поведения утренних и вечерних рядов:

- присутствие «лунной» компоненты только в утренних показаниях;
- четкое проявление «недельной» компоненты в вечерних рядах.

Связь динамики корреляционных отношений САД, ДАД и пульса с атмосферным давлением и геомагнитными вариациями рассмотрена в статье [2] и подтверждена повышенная чувствительность организма к фоновому воздействию в утренние часы.

В настоящей работе развит подход, предложенный в публикации [2], и показана эффективность анализа таких функций, как корреляционные отношения и нормированная разность между показаниями САД и ДАД, т.е. функций от двух регистрируемых параметров состояния. Проведено сопоставление с числами Вольфа и демонстрируется возрастная динамика данных мониторинга. Упор делается на временную зависимость длинно-периодных компонент исследуемых рядов на всем интервале наблюдений, т. е. более чем за 17 лет.

- [1] Исайкина О.А., Кукса Ю.И., Шибает И.Г. Оценка характеристик длительного мониторинга артериального давления и пульса / Труды международной конференции «Влияние космической погоды на человека в космосе и на Земле» ИКИ РАН, 4-8 июня 2012 г. С. 695 – 707, 2013.
- [2] Исайкина О., Ю. Кукса, И. Шибает. Оценка устойчивости артериального давления и пульса при изменениях геомагнитной активности и атмосферного давления. Proceedings of Ninth Scientific Conference with International Participation SES 2013, Sofia, Bulgaria, 20 – 22 November 2013, p. 36 – 42, 2014.

Сравнение характеристик солнечных циклов новой и старой версий ряда чисел Вольфа и степени однородности этих рядов

Шибеев А.И.

Механико-математический факультет МГУ

В работе сопоставлены характеристики старой и новой версий цюрихского ряда среднемесячных чисел Вольфа (ряд относительных чисел солнечных пятен – WSN, <http://sidc.oma.be>) на интервале с января 1749 г. по май 2015 г. По характеру отношений $W_{new}[i]/W_{old}[i]$ выделяются области с отличительными амплитудными и частотными характеристиками. Далее сравниваются параметры соответствующих циклов: для разбиения на циклы «новой» версии ряда использованы «старые» правила, т. е. соответствующее усреднение по 13 месяцам. Следует отметить, что амплитудная коррекция циклов 10 и $18 \div 24$ значительно отличается от коррекции остальных циклов. У циклов 22 и 23 наиболее трансформирована внутренняя структура. Проведено сопоставление различных частотных диапазонов рядов и дана оценка степени однородности для восстановленной и достоверной частей новой версии ряда.

Расщепление масштабов конвекции, обусловленное переменностью свойств вещества

Щерица О.В.¹, Гетлинг А.В.², Мажорова О.С.¹

¹ *Институт прикладной математики имени М.В. Келдыша,
Москва, e-mail: shchery@mail.ru*

² *Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В.
Скобелева МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва,
e-mail: A.Getling@mail.ru*

В ходе исследования факторов, которые могут быть ответственны за сосуществование течений различных масштабов в солнечной конвективной зоне, выполнено трехмерное численное моделирование тепловой конвекции в горизонтальном слое жидкости с температуропроводностью χ , зависящей от температуры T . Рассматривался такой характер зависимости $\chi(T)$, при котором вблизи верхней поверхности слоя статический градиент температуры значительно больше по абсолютной величине, чем в остальной части слоя; при этом весь слой сверху донизу конвективно неустойчив. Верхняя поверхность слоя считается свободной, нижняя – жесткой. Для исследования рассчитанных полей скорости и температуры

используются фурье-анализ и методы вычислительной гомологии (определяются числа Бетти, характеризующие связность картины восходящих и нисходящих течений).

Как и в варианте задачи с двумя жесткими горизонтальными границами [1], течение демонстрирует расщепление масштабов конвективных движений — сосуществование трех масштабов, которые накладываются друг на друга. Ячейки меньших масштабов переносятся течениями больших масштабов. В целом картина течения качественно схожа с картиной солнечной конвекции, образованной супергранулами, мезогранулами и гранулами.

- [1] Shcheritsa O.V., Getling A.V., Mazhorova O.S. // Adv. Space Res., 2015, v. 55, p. 927.

Корреляция между солнечной и сейсмической активностью. О прогнозировании землетрясений и извержений вулканов

Эйгенсон А.М.

Львовский национальный университет им. И.Франко (Украина)

Бар Иланский университет (Израиль)

e-mail: aleksey-eigenson@gmail.com

Сильные землетрясения и извержения вулканов сравниваются с эпохами минимума 11-летних циклов солнечной активности. Используются данные о 405 землетрясениях с магнитудой от 7 и выше и 71 наиболее известном вулкане от 79 г.н.э. (извержение Везувия, которое привело к гибели Помпеи) до июня 2016 г. Показана тесная корреляция между годами этих земных событий и годами минимумов солнечных циклов. Для двух последних лет (2015 и 2016) использованы также среднемесячные значения чисел Вольфа, а для двух последних месяцев (июнь и июль 2016 г.) анализируются также среднесуточные значения W . Здесь также заметна тесная корреляция, что позволяет прогнозировать землетрясения и извержения вулканов, причем точность нашего прогнозирования соответствует точности прогнозирования солнечной активности. Во всех рассмотренных случаях прогноз уже подтвердился. Частота обоих этих явлений увеличивается во времени и достигнет максимума к концу 2019 г.

**Асимптотический анализ мелкомасштабного динамо
в случайном потоке со слабой зеркальной
антисимметрией**

Юшков Е.В.^{1,2}, Лукин А.С.¹, Соколов Д.Д.¹

¹ МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва,

² ИКИ РАН, Москва, e-mail: yushkov.msu@mail.ru

В докладе представлены основные результаты по построению асимптотики системы Вайнштейна-Кичатинова при больших магнитных числах Рейнольдса, которая описывает мелкомасштабное кинематическое динамо в среде со слабой зеркальной антисимметрией. Для однородного и изотропного случайного потока получены условия генерации продольной корреляционной функции магнитного поля и функции магнитной спиральности, локализованных в бесконечном пространстве. Выведены оценки на пороговое значение магнитного числа Рейнольдса, с которого начинается генерация, и на скорость магнитного динамо в зависимости от параметра зеркальной антисимметрии. С помощью модифицированной итерационной схемы, предложенной В.Г.Новиковым, проведено сравнение результатов численного эксперимента с полученными аналитическими асимптотиками.

Крупные вспышки (M1-X7) в 24 цикле активности

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

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

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

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

В 24 цикле активности проанализированы данные о крупных вспышках (рентгеновский класс $> M 1$) и очень крупных (рентгеновский класс $> X1$) согласно наблюдениям GOES 13-15 в диапазоне 1-8 Å и данным об оптических вспышках из Preliminary Current Catalog of Solar Flare Events (http://www.wdcb.ru/stp/data/Solar_Flare_Events/F1_XXIV.pdf). Получены зависимости распределения вспышек разной мощности от фазы цикла, вычислены среднемесячные значения оптического вспышечного индекса (Flare Index) для 2010-2016 гг. Оценены величины полной энергии вспышки E в рентгеновском диапазоне на уровне земной атмосферы (Джоуль/м²). Приводятся данные сравнения интенсивности в максимуме

вспышки в рентгеновской ($1-8 \text{ \AA}$) и крайней ультрафиолетовой области спектра ($<1216 \text{ \AA}$). Для 115 вспышек классов M5-X7 построен энергетический спектр (зависимость частоты вспышек с полной энергией излучения E от значения этой полной энергии).

Проведено сравнительное исследование среднемесячных значений - нескольких индексов солнечной активности в текущем 24 цикле: чисел Вольфа (SSN), потока радиоизлучения на волне 10.7 см ($F_{10.7}$), потока излучения в линии Лайман-альфа ($L_{y\alpha}$), солнечной постоянной (TSI) и вспышечного индекса (Flare Index).

Оглавление

<i>Абдусаматов Х.И.</i> Способ исследования изменений климата Земли и система для его осуществления	3
<i>Абдусаматов Х.И.</i> Устройство для защиты оптического телескопа от заряженной лунной пыли	4
<i>Абраменко В.И., Тихонова О.И., Куценко А.С., Юрчишин В.Б.</i> Диагностика турбулентного динамо по режиму всплытия активных областей	5
<i>Абрамов-Максимов В.Е., Боровик В.Н., Опейкина Л.В., Тлатов А.Г., Яснов Л.В.</i> Особенности микроволнового излучения активной области NOAA 12242 перед вспышкой X1.8 по данным РАТАН-600 и SDO/HMI	6
<i>Гайдаш С.П., Белов А.В., Абунина М.А., Абунин А.А., Прямушкина И.И.</i> Прогнозирование основных параметров космической погоды в ИЗМИРАН	7
<i>Авакян С.В.</i> Супрамолекулярная физика солнечно-земных связей: климатологические и биофизические аспекты	7
<i>Алиев А.Х., Гусева С.А., Тлатов А.Г.</i> Результаты наблюдений спектральной короны мировой сетью корональных обсерваторий в 17-24 циклах активности	8
<i>Анфиногентов С.А., Колотков Д.Ю., Накаряков В.М.</i> EMD-анализ случайных процессов в солнечной атмосфере	9
<i>Артамонова И.В., Алексеев В.А., Макаренко Н.Г.</i> Топологическая диагностика связи полей давления и общего содержания озона в ходе солнечных протонных событий	10
<i>Asenovski S.N.</i> Heliospheric current sheet and geomagnetic field	11
<i>Барановский Э.А., Таращук В.П., Владимирский Б.М.</i> Поведение колб Фицроя с натуральной (оптически активной) камфарой при изменении космической погоды	12
<i>Биленко И.А.</i> Статистические исследования корональных выбросов массы и корональных дыр	13
<i>Богод В.М., Свидский П.М., Курочкин Е.А., Петерова Н.Г., Тохчукова С.Х., Шендрик А.В., Эверстов Н.П.</i> О методике прогнозирования солнечной активности на основе радионаблюдений и сопутствующих данных других диапазонов	13
<i>Борог В.В., Ампилогов Н.В., Дмитриева А.Н., Ковыляева А.А.</i> Применение методики фликкер-шумовой спектроскопии для идентификации геоэффективной солнечной активности по вариациям потока космических лучей	14
<i>Васильева В.В., Тлатова К.А., Тлатов А.Г.</i> Реконструкция столетнего ряда солнечных волокон по данным ежедневных наблюдений	15

<u>Вернова Е.С., Тясто М.И., Баранов Д.Г.</u> Широтные профили фотосферного магнитного поля	15
<u>Веселовский И.С., Лукашенко А.Т.</u> Роль электронов и электрических полей в короне и солнечном ветре	16
<u>Волобуев Д.М., Макаренко Н.Г.</u> Переключение динамических режимов синхронизации и управления между полушариями Солнца .	17
<u>Возмьянин М.В., Понявин Д.И., Дормидонтов Д.В., Тлатов А.Г.</u> Восстановление полярности ММП по данным магнитометрических наблюдений на Кисловодской астрономической станции .	18
<u>Галкин В.Д., Никанорова И.Н.</u> GLE и атмосферный водяной пар .	18
<u>Georgieva K., Kilcik A., Kirov B.</u> About the recalibration of the sunspot record	19
<u>Гетлинг А.В.</u> Эволюция активной области и модель всплывающей трубки	20
<u>Голубчина О.А.</u> Идентичность температурных свойств корональной дыры над северным полюсом Солнца и экваториальных корональных дыр на фоне спокойного Солнца	21
<u>Гопасюк О.С.</u> Магнитные поля одиночных пятен в 2010–2011 годах	21
<u>Гриб С.А.</u> Макроскопические МГД структуры солнечного ветра в окрестности границы магнитосферы Земли	22
<u>Григорьева И.Ю., Лившиц М.А.</u> Вспышечно-активная группа АО 11476 10 мая 2012 года с регистрацией солнцетрясения . .	23
<u>Гуляева Т.Л.</u> Прогноз глобального электронного содержания в ионосфере в процессе развития геомагнитной бури	23
<u>Данилова О.А.</u> Планетарное изменение пороговых жесткостей космических лучей в максимуме мощной бури	24
<u>Дергачев В.А.</u> Солнечная радиация и изменение климата на временных масштабах небольшой продолжительности	24
<u>Дивлекеев М. И.</u> Образование, эволюция и вспышечная продуктивность активной области	25
<u>Дергачев В.А., Дмитриев П.Б.</u> Циклические изменения климата в эпоху плейстоцена	26
<u>Егоров Я.И., Файнштейн В.Г., Руденко В.Г.</u> Вариации фотосферного магнитного поля, сопровождающие эруптивное событие 07.06.11	27
<u>Ерофеев Д.В.</u> Модель переноса крупномасштабных флуктуаций магнитного поля и скорости в солнечном ветре	28
<u>Ефремов В.И., Парфиненко Л.Д., Соловьев А.А.</u> Низкочастотные колебания солнечных пятен по данным SDO	29
<u>Живанович И., Риехокайнен А., Соловьев А.А., Ефремов В.И.</u> Дифференциальное вращение Солнца по данным SDO	30

<u>Загайнова Ю.С., Файнштейн В.Г., Руденко Г.В.</u> Меняются ли характеристики магнитного поля в тени солнечных пятен во время вспышек и корональных выбросов массы?	30
<u>Загайнова Ю.С., Обриджко В.Н., Файнштейн В.Г.</u> Сравнительный анализ магнитных свойств и площади тени ведущих и замыкающих пятен с различной асимметрией связывающего их магнитного поля	31
<u>Иванов В.Г., Милецкий Е.В.</u> Широтные и амплитудные характеристики активности при выходе из минимума Маундера	32
<u>Ихсанов Р.Н., Иванов В.Г.</u> Широтно-временная эволюция магнитного поля в 23 и 24 солнечных циклах	33
<u>Калинин А.А.</u> Моделирование эмиссии протуберанца в линиях водорода, нейтрального и ионизованного кальция	34
<u>Караханян А.А., Молодых С.И.</u> Статистический анализ циклогенеза внетропических широт во время геомагнитных возмущений	34
<u>Кацова М.М., Мишенина Т.В.</u> Существует ли связь между обилием лития и возникновением супервспышек на G и K звёздах?	35
<u>Ким И.С., Попов В.В.</u> Содержание атомов нейтрального водорода в нижней короне	36
<u>Kirov B., Georgieva K., Obridko V.N.</u> On the possibility to predict the next sunspot maximum	37
<u>Киселев Б.В.</u> Динамика солнечной активности в 23 и 24 циклах	37
<u>Кичатинов Л.Л., Олемской С.В.</u> Модель динамо глобальных максимумов солнечной активности: возможны ли супервспышки на Солнце?	38
<u>Непомнящих А.А., Кичатинов Л.Л.</u> Объединенная модель динамо и дифференциального вращения	38
<u>Князева И.С., Лукьянов А.Д., Макаренко Н.Г.</u> Графодинамика вспышечных активных областей по SDO/HMI данным	39
<u>Комитов Б.П., Кафтан В.И.</u> Анализ ~60-летних колебаний содержания изотопа ^{14}C в годовых кольцах деревьев в связи с проблемой солнечно-земных взаимодействий	40
<u>Королькова О.А., Соловьев А.А.</u> Моделирование тонкой структуры спокойных солнечных протуберанцев	41
<u>Соловьев А.А., Королькова О.А.</u> Протуберанец как скрученное волокно на магнитной подложке	41
<u>Костюченко И.Г.</u> Динамические характеристики вариаций площади малых и больших пятен и квази-двухлетние вариации	42
<u>Крамынин А.П., Михалина Ф.А.</u> Широтно-долготные особенности северо-южной асимметрии солнечной активности	43
<u>Зайцев В.В., Кронштадтов П.В., Степанов А.В.</u> О модификации «прижатых» атмосфер в активных областях ультрахолодных звезд	43

<u>Кудрявцев И.В., Дергачев В.А.</u> Радиоуглеродные данные: отражение вариаций солнечной активности и изменений в биосфере в раннем голоцене	44
<u>Кудрявцев И.В.</u> Динамика ленгмюровской турбулентности при рассеянии плазмонов на частицах фоновой плазмы	45
<u>Кузнецов С.А., Зимовец И.В., Мельников В.Ф.</u> Пространственно-временная эволюция источников пульсаций микроволнового и жесткого рентгеновского излучений солнечных вспышек по данным наблюдений NoRH, RHESSI и AIA/SDO	45
<u>Кулешова А.И., Дергачев В.А., Кудрявцев И.В., Наговицын Ю.А., Огурцов М.Г.</u> Реконструкции гелиосферного модуляционного потенциала с конца 14 века до середины 19-го на основе данных по содержанию космогенных изотопов ^{14}C и ^{10}Be в природных архивах	46
<u>Куценко А.С., Абраменко В.И.</u> Общее магнитное поле Солнца по данным SDO/HMI	47
<u>Лукашенко А.Т.</u> Магнитные поверхности, упорядоченное и хаотическое поведение линий магнитного поля вблизи системы сцепленных токов	48
<u>Макаренко Н.Г., Волобуев Д.М., Князева И.С.</u> Предсказание солнечной активности: проблемы, перспективы и мифы	49
<u>Манкаева Г.А., Дертеев С.Б., Михалев Б. Б.</u> Радиационное и диссипативное затухание магнитозвуковых волн в солнечных корональных петлях	50
<u>Мельников В.Ф., Филатов Л.В.</u> Динамика гиротронного излучения в сжимающейся вспышечной петле	50
<u>Мерзляков В.Л.</u> Условия формирования и энергетика нановспышек	51
<u>Мерзляков В.Л., Старкова Л.И.</u> Временные вариации магнитного потока на фотосфере	52
<u>Моргачев А.С., Мельников В.Ф.</u> Влияние эффекта квазипоперечного распространения на результаты восстановления параметров вспышечных петель по их наблюдаемому микроволновому излучению	52
<u>Моргачев А.С., Цап Ю.Т., Моторина Г.Г., Смирнова В.В., Кузнецов С.А., Рыжов В.С., Нагнибеда В.Г.</u> Одновременные микроволновые, ультрафиолетовые и рентгеновские наблюдения события 5 июля 2012 года с положительным наклоном миллиметрового спектра	54
<u>Мордвинов А.В., Голубева Е.М.</u> Формирование полярных корональных дыр в текущем цикле солнечной активности	55
<u>Моторина Г.Г., Цап Ю.Т.</u> Параметры корональной вспышечной плазмы по данным GOES, RHESSI и SDO	56

<u>Наговицын Ю.А., Певцов А.А., Осипова А.А.</u> Две популяции групп солнечных пятен	56
<u>Наговицын Ю.А., Тлатов А.Г., Наговицына Е.Ю.</u> Площадь и абсо- лютный магнитный поток солнечных пятен в последние 400 лет	57
<u>Накаряков В.М., Анфиногентов С.А., Зимовец И.В.</u> Изгибные ко- лебания плазменных петель короны Солнца: статистика, нелиней- ность и автоколебания	57
<u>Низамов Б.А., Кацова М.М., Лившиц М.А.</u> Короны G-, K- и M- звезд и условия возникновения супервспышек	58
<u>Нусинов А.А., Казачевская Т.В., Судакова И.Б., Гонюх Д.А., Згу- ра Ю.А.</u> Измерения коротковолнового ультрафиолетового излу- чения на геостационарных ИСЗ «Электро-Л №1 и №2»	59
<u>Шибалова А.С., Обриджо В.Н., Соколов Д.Д.</u> Перемежаемость сол- нечных магнитных полей в цикле солнечной активности	60
<u>Огурицов М.Г.</u> О возможном вкладе вариаций потока галактических космических лучей в рост глобальной температуры в последние десятилетия	61
<u>Орешина А.В., Батурин В.А., Аюков С.В., Горшков А.Б.</u> Эффект подавления конвекции в звёздах солнечного типа	61
<u>Панчелюга В.А., Владимирский Б.М., Панчелюга М.С., Серая О.Ю.</u> Исследование связи периодов минутного и часового диапазонов в флуктуациях различных при- родных процессов с собственными колебаниями Земли и Солнца	62
<u>Певцов А.А.</u> Научные исследования и прогноз космической погоды в США	63
<u>Петерова Н.Г., Топчило Н.А.</u> Циклотронная линия в микровол- новом излучении Солнца по наблюдениям на радиотелескопе РАТАН-600 активной области NOAA 12182	64
<u>Лотова Н.А., Субаев И.А., Корелов О.А.</u> Механизмы ускорения сол- нечного ветра и формирование установившегося сверхзвукового потока	65
<u>Птицына Н.Г., Солдатов В.А., Соколов В.Н., Тясто М.И.</u> Дол- говременные тренды и сезонные вариации геомагнитных бурь в 1878–1954 годах	66
<u>Ривин Ю.Р.</u> Оценки погрешностей получения среднегодовых значе- ний чисел Вольфа по среднемесячным	66
<u>Рябов М.И.</u> Циклы и антициклы активности северного и южного полушарий Солнца	67

<u>Савченко М.И., Ватагин П.В., Лазутков В.П., Скородумов Д.В., Кудрявцев И.В., Чариков Ю.Е.</u> Динамика температуры и меры эмиссии солнечных вспышек 29.06.2002 и 27.03.2003 гг. на основе результатов измерения рентгеновского излучения спектрометром «ИРИС»	69
<u>Самсонов А.А.</u> Достоинства и недостатки численных МГД моделей магнитосферы	70
<u>Сафиуллин Н.Т., Поршнев С.В., Клиорин Н.И.</u> О возможности повышения точности прогнозирования солнечной активности на основе модели нелинейного динамо	70
<u>Сидоренков Н.С., Wilson Ian R.G.</u> О близости солнечных и лунных циклов	71
<u>Скакун А.А., Волобуев Д.М.</u> Вклад изменений солнечной постоянной в расчет инсоляции за период голоцена	72
<u>Соколов Д.Д., Абраменко В.И., Хлыстова А.И.</u> Следы солнечного турбулентного динамо и статистика солнечных пятен	73
<u>Соловьев А.А.</u> 3D модель уединенной корональной петли	74
<u>Зайцев В.В., Кронштадтов П.В., Степанов А.В.</u> О модификации «прижатых» атмосфер в активных областях ультрахолодных звезд	74
<u>Стрекалова П.В., Риехокайнен А., Наговицын Ю.А., Колотков Д.Ю., Смирнова В.В.</u> Структура и динамика одиночных факельных образований	75
<u>Стрижак Ю.В., Понявин Д.И.</u> Источники общего магнитного поля Солнца как звезды	76
<u>Ступишина О.М., Головина Е.Г.</u> Биологические эффекты изменения космической и земной погоды	76
<u>Биленко И.А., Тавастшерна К.С.</u> Корональные дыры как трассеры глобального магнитного поля Солнца в 21-24 циклах солнечной активности	77
<u>Тлатов А.Г.</u> Моделирование и прогноз параметров космической погоды на основе национальных данных наблюдений солнечной активности	78
<u>Тлатова К.А.</u> Сравнительные свойства протуберанцев в 16-м цикле активности	79
<u>Уртъев Ф., Князева И.С.</u> О предсказании больших солнечных вспышек по топологии HMI/SDO магнитограмм	80
<u>Филатов Л.В., Мельников В.Ф.</u> Влияние турбулентности вистлеров на распределение быстрых электронов и их гиротронное излучение во вспышечной петле	81
<u>Васильев Г.И., Остряков В.М., Павлов А.К., Струминский А.Б., Фролов Д.А.</u> Изотопные следы сверхмощных солнечных событий	82

<u>Фурсяк Ю.А., Абраменко В.И.</u> Энергия диссипации магнитного поля и ее связь с электрическими токами в фотосфере Солнца	83
<u>Цап Ю.Т., Копылова Ю.Г., Степанов А.В.</u> Феноменологическая модель резонансного затухания изгибных колебаний корональных петель	83
<u>Васильев Г.И., Остряков В.М., Павлов А.К., Чакчурина М.Е.</u> Влияние взаимодействия фотосферы Солнца с ускоренными в солнечных вспышках ядрами на изотопный состав солнечного ветра.	84
<u>Шабалин А.Н., Чариков Ю.Е.</u> Моделирование физических процессов на основе анализа жесткого рентгеновского и микроволнового излучений в солнечной вспышке 10 ноября 2002г.	85
<u>Шалин А.В., Моргачев А.С., Мельников В.Ф.</u> Роль эффекта квазипоперечного распространения в наблюдаемом распределении поляризации микроволнового излучения вспышечных петель	86
<u>Шибеев И.Г.</u> Реконструкция восстановленной части ряда чисел Вольфа по 150-летней гармонике и характеристикам циклов достоверной части ряда чисел Вольфа	86
<u>Исайкина О.Ю., Кужа Ю.И., Шибеев И.Г.</u> Возрастная динамика показаний пульса и артериального давления и сопоставление их с числами Вольфа	88
<u>Шибеев А.И.</u> Сравнение характеристик солнечных циклов новой и старой версий ряда чисел Вольфа и степени однородности этих рядов	89
<u>Щерица О.В., Гетлинг А.В., Мажорова О.С.</u> Расщепление масштабов конвекции, обусловленное переменностью свойств вещества	89
<u>Эйгенсон А.М.</u> Корреляция между солнечной и сейсмической активностью. О прогнозировании землетрясений и извержений вулканов	90
<u>Юшков Е.В., Лукин А.С., Соколов Д.Д.</u> Асимптотический анализ мелкомасштабного динамо в случайном потоке со слабой зеркальной антисимметрией	91
<u>Бруевич Е.А., Казачевская Т.В., Якунина Г.В.</u> Крупные вспышки (M1-X7) в 24 цикле активности	91
Оглавление	93
Список авторов	100

/Общее число тезисов на 13 сентября 2016 г.— 113/

Список авторов

Asenovski S.N., 11
Georgieva K., 19
Kilcik A., 19
Kirov B., 19
Wilson Ian R.G., 71
Абдусаматов Х.И., 3, 4
Абраменко В.И., 5, 47, 73, 83
Абрамов-Максимов В.Е., 6
Абунин А.А., 7
Абунина М.А., 7
Авакян С.В., 7
Алексеев В.А., 10
Алиев А.Х., 8
Ампилогов Н.В., 14
Анфиногентов С.А., 9, 57
Артамонова И.В., 10
Аюков С.В., 61
Баранов Д.Г., 15
Барановский Э.А., 12
Батурин В.А., 61
Белов А.В., 7
Биленко И.А., 13, 77
Богод В.М., 13
Боровик В.Н., 6
Борог В.В., 14
Бруевич Е.А., 91
Васильев Г.И., 82, 84
Васильева В.В., 15
Ватагин П.В., 69
Вернова Е.С., 15
Веселовский И.С., 16
Владимирский Б.М., 12, 62
Волобуев Д.М., 17, 49, 72
Вохмянин М.В., 18
Гайдаш С.П., 7
Галкин В.Д., 18
Георгиева К., 36
Гетлинг А.В., 20, 89
Головина Е.Г., 76
Голубева Е.М., 55
Голубчина О.А., 21
Гонюх Д.А., 59
Гопасюк О.С., 21
Горшков А.Б., 61
Гриб С.А., 22
Григорьева И.Ю., 23
Гуляева Т.Л., 23
Гусева С.А., 8
Данилова О.А., 24
Дергачев В.А., 24, 26, 44, 46
Дертеев С.Б., 50
Дивлекеев М. И., 25
Дмитриев П.Б., 26
Дмитриева А.Н., 14
Дормидонтов Д.В., 18
Егоров Я.И., 27
Ерофеев Д.В., 28
Ефремов В.И., 29, 30
Живанович И., 30
Загайнова Ю.С., 30, 31
Зайцев В.В., 43, 74
Згура Ю.А., 59
Зимовец И.В., 45, 57
Иванов В.Г., 32, 33
Исайкина О.Ю., 88
Ихсанов Р.Н., 33
Казачевская Т.В., 59, 91
Калинин А.А., 34
Караханян А.А., 34
Кафтан В.И., 40
Кацова М.М., 35, 58
Ким И.С., 36
Киров Б., 36
Киселев Б.В., 37
Кичатинов Л.Л., 38
Клиорин Н.И., 70

Князева И.С., 39, 49, 80
 Ковыляева А.А., 14
 Колотков Д.Ю., 9
 Колотков Д.Ю., 75
 Комитов Б.П., 40
 Копылова Ю.Г., 83
 Корелов О.А., 65
 Королькова О.А., 41
 Костюченко И.Г., 42
 Крамынин А.П., 43
 Кронштадтов П.В., 43, 74
 Кудрявцев И.В., 44–46, 69
 Кузнецов С.А., 45
 Кузнецов С.А., 54
 Кукса Ю.И., 88
 Кулешова А.И., 46
 Курочкин Е.А., 13
 Куценко А.С., 5, 47
 Лазутков В.П., 69
 Лившиц М.А., 23, 58
 Лотова Н.А., 65
 Лукашенко А.Т., 16, 48
 Лукин А.С., 91
 Лукьянов А.Д., 39
 Мажорова О.С., 89
 Макаренко Н.Г., 10, 17, 39, 49
 Манкаева Г.А., 50
 Мельников В.Ф., 45, 50, 52, 81, 86
 Мерзляков В.Л., 51, 52
 Милецкий Е.В., 32
 Михалина Ф.А., 43
 Михалев Б. Б., 50
 Мишенина Т.В., 35
 Молодых С.И., 34
 Моргачев А.С., 52, 54, 86
 Мордвинов А.В., 55
 Моторина Г.Г., 56
 Моторина Г.Г., 54
 Нагнибеда В.Г., 54
 Наговицын Ю.А., 46, 56, 57, 75
 Наговицына Е.Ю., 57
 Накаряков В.М., 9, 57
 Непомнящих А.А., 38
 Низамов Б.А., 58
 Никанорова И.Н., 18
 Нусинов А.А., 59
 Обридко В.Н., 31, 36, 60
 Огурцов М.Г., 46, 61
 Олемской С.В., 38
 Опейкина Л.В., 6
 Орешина А.В., 61
 Осипова А.А., 56
 Остряков В.М., 82, 84
 Павлов А.К., 82, 84
 Панчелюга В.А., 62
 Панчелюга М.С., 62
 Парфиненко Л.Д., 29
 Певцов А.А., 56, 63
 Петерова Н.Г., 13, 64
 Понявин Д.И., 18, 76
 Попов В.В., 36
 Поршнев С.В., 70
 Прямушкина И.И., 7
 Птицына Н.Г., 66
 Ривин Ю.Р., 66
 Риохокайнен А., 30, 75
 Руденко В.Г., 27
 Руденко Г.В., 30
 Рыжов В.С., 54
 Рябов М.И., 67
 Савченко М.И., 69
 Самсонов А.А., 70
 Сафиуллин Н.Т., 70
 Свидский П.М., 13
 Серая О.Ю., 62
 Сидоренков Н.С., 71
 Скакун А.А., 72
 Скородумов Д.В., 69
 Смирнова В.В., 54, 75
 Соколов В.Н., 66
 Соколов Д.Д., 60, 73, 91
 Солдатов В.А., 66
 Соловьев А.А., 29

Соловьев А.А., 30, 41, 74
Старкова Л.И., 52
Степанов А.В., 43, 74, 83
Стрекалова П.В., 75
Стрижак Ю.В., 76
Струминский А.Б., 82
Ступишина О.М., 76
Субаев И.А., 65
Судакова И.Б., 59
Тавастшерна К.С., 77
Таращук В.П., 12
Тихонова О.И., 5
Тлатов А.Г., 6, 8, 15, 18, 57, 78
Тлатова К.А., 15, 79
Топчило Н.А., 64
Тохчукова С.Х., 13
Тясто М.И., 15, 66
Уртъев Ф., 80
Файнштейн В.Г., 27, 30, 31
Филатов Л.В., 50, 81
Фролов Д.А., 82
Фурсяк Ю.А., 83
Хлыстова А.И., 73
Цап Ю.Т., 54, 56, 83
Чакчурина М.Е., 84
Чариков Ю.Е., 69, 85
Шабалин А.Н., 85
Шаин А.В., 86
Шендрик А.В., 13
Шибает А.И., 89
Шибает И.Г., 86, 88
Шибалова А.С., 60
Щерица О.В., 89
Эверстов Н.П., 13
Эйгенсон А.М., 90
Юрчишин В.Б., 5
Юшков Е.В., 91
Якунина Г.В., 91
Яснов Л.В., 6