

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ГЛАВНАЯ (ПУЛКОВСКАЯ) АСТРОНОМИЧЕСКАЯ
ОБСЕРВАТОРИЯ

**СОЛНЕЧНАЯ
И СОЛНЕЧНО-ЗЕМНАЯ ФИЗИКА — 2015**

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

5 – 9 октября 2015 года

Санкт-Петербург
2015

Сборник содержит тезисы докладов, представленных на XIX Всероссийскую ежегодную конференцию по физике Солнца «Солнечная и солнечно-земная физика — 2015» (5 – 9 октября 2015 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*).

Оптический телескоп с системой защиты от лунной пыли

Абдусаматов Х.И.

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

Предлагается оптический телескоп с козырьком, снабженным возвратно-поступательным механизмом перемещения, размещаемым параллельно оптической оси на корпусе трубы над входным зрачком, для проведения долговременных астрономических наблюдений, в частности и Земли с поверхности Луны. Величина возвратно-поступательного перемещения козырька параллельно оптической оси телескопа зависит от диаметра входного зрачка телескопа, расстояний от внешней верхней поверхности козырька до верхнего края входного зрачка телескопа и от нижнего края входного зрачка телескопа до нижней наружной поверхности переднего торца корпуса его трубы, угла наклона оптической оси телескопа к поверхности Луны. При этом ширина козырька больше диаметра входного зрачка телескопа. Козырек обеспечивает надежную и полную защиту оптических элементов телескопа от попадания лунной пыли при проведении долговременных наблюдений (при угле наклона оптической оси телескопа относительно поверхности Луны не более 75°), а в нерабочем положении телескопа и при его транспортировке, в частности на Луну задвигается в пределы корпуса трубы [1].

- [1] Абдусаматов Х.И. // Патент РФ №144055 «Оптический телескоп» на полезную модель, 2015.

Диагностика динамо-процессов по фрактальным свойствам плазмы в невозмущенной фотосфере

Абраменко В.И.^{1,2}

¹*ГАО РАН, С.Петербург*

²*НИИ КраО, Республика Крым*

Невозмущенная фотосфера занимает около 80 процентов всей поверхности Солнца и играет существенную роль в циклическом поведении солнечного магнетизма: здесь располагаются корональные дыры — источники открытых магнитных полей, — здесь происходит дрейф магнитных элементов к полюсам, замыкающий глобальную переполюсовку магнитного поля в солнечном цикле, здесь же работает турбулентное быстрое

динамо. Для работы последнего необходимо сложное, мультифрактальное состояние замагниченной плазмы. Мы представляем результаты вычислений спектров мультифрактальности структур грануляции по данным наблюдений в различных зонах невозмущенной фотосферы. Используются данные о грануляции, полученные в линии TiO с помощью 1.6-метрового телескопа обсерватории Big Bear Solar Observatory. Показано, что грануляционная структура мультифрактальна на масштабах менее 600 км, при этом степень мультифрактальности более сильная в зонах с более слабым средним магнитным полем. Этот результат согласуется с представлениями о турбулентном динамо как о протяженном по глубине процессе, захватывающем значительную часть толщины конвективной зоны.

Предвспышечная динамика микроволнового излучения и магнитного поля активных областей Солнца

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

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

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

Представлено исследование нескольких активных областей (АО) на Солнце на предвспышечной стадии (несколько дней перед большими вспышками). Работа основана на многоволновых многоазимутальных спектрально-поляризационных наблюдениях, выполненных на радиотелескопе РАТАН-600 в диапазоне 1.6–8 см и на космической обсерватории SDO. Проанализированы изменения в структуре микроволнового излучения и магнитного поля за 1–2–3 дня до вспышек, которые отражают накопление энергии в АО. Впервые установлено, что изменение со временем интенсивности микроволнового источника над областью с δ -конфигурацией происходило подобно эволюции градиента магнитного поля в АО. Обсуждаются возможности использования полученных результатов как прогностического фактора больших вспышек.

**Физика солнечно-земных связей:
новые подходы и результаты**

Авакян С.В.

*Всероссийский научный центр «Государственный оптический
институт им. С.И. Вавилова», e-mail: avak2@mail.ru*

Представлены результаты, полученные в последние годы по программе исследований [1]. При этом использованы подходы на основе ряда новых для физики ионосферы и аэронавтики процессов, введённых автором из физики электронно-атомных столкновений. Среди них – возбуждение ридберговских состояний электронным ударом, которое приводит в переходах между подуровнями тонкой структуры к дополнительному виду собственных ионосферных эмиссий – микроволновому излучению ионосферы (в мм-, см- и дм-диапазонах). Тем самым был обнаружен новый агент солнечно-земных связей, а, главное, вскрыт физический механизм того спорадически возрастающего в периоды солнечных вспышек и магнитных бурь (полярных сияний) потока микроволн из ионосферы, который регистрировался с конца 1940-х годов наземными радиотелескопами. Далее были созданы модели спектров энергичных ионосферных электронов как при солнечных вспышках, так и в периоды полярных сияний. Это позволило рассчитывать скорости возбуждения ридберговских состояний с излучением ионосферных микроволновых эмиссий [2] и делать оценки потока микроволн при всех уровнях гелиогеофизической активности, а также организовать целевой поиск и обнаружить микроволны из области искусственного нагрева ионосферы на стенде «Сура» [3].

На основе выполненной работы (часть её проводилась в ГАО РАН) развиты новые подходы в проблемах «Солнце – погода и климат» и «Солнце – биосфера (воздействие на человека)». В первом случае это позволило впервые рассматривать роль солнечно-геомагнитной активности в контроле облачности. Фактически введен в рассмотрение учёт парникового эффекта на водяном паре, необходимость чего всегда осознавалась (поскольку пары воды – основной парниковый газ в тропосфере и его много больше – до 36-70%, чем углекислого газа или метана). Контроль облачного покрова определяется воздействием микроволн на скорость образования конденсационно-кластерной дымки, предтечи оптически тонкой (как правило перистой) облачности. Эта облачность является разогревающей, что по нашей гипотезе – основная причина современного глобального потепления в эпоху прохождения в конце 20-го – начале 21-го столетий векового максимума как солнечной, так и геомагнитной активностей [4]. В [4] также впервые обнаружен контроль со стороны величины солнечной постоянной (TSI) и числа пятен на Солнце за уровнем распространения глобальной полной и верхней облачности, что позволило предложить спо-

соб среднесрочного прогноза аномалий температуры приземного воздуха [5]. Во втором случае впервые предложен механизм двойного резонанса при воздействии энергии потока микроволн на элементы тела человека, а амплитудной модуляции этого потока ОНЧ-волнами в ионосферных резонаторах Шумана и Альфвена – на ритмы человеческого организма.

- [1] Авакян С.В. Физика солнечно-земных связей: результаты, проблемы и новые подходы / Геомагн. и аэрономия, 2008, 48, 435-442. (Geomagnetism and Aeronomy, 2008, 48, 417- 424).
- [2] Авакян С.В., Серова А.Е., Воронин Н.А. Геомагн. и аэрономия, 1997, 37, 99-106.
- [3] Grach S.M., Fridman V.M., Lifshits L.M., Podstrigach T.S., Sergeev E.N., Snegirev S.D. UHF electromagnetic emission stimulated by HF pumping of the ionosphere/Annales Geophysicae, 2002, 20, 1687-1691.
- [4] Авакян С.В. Роль активности Солнца в глобальном потеплении/Вестник РАН, 2013, 83, 41-52. Авакян С.В. Проблемы климата как задача оптики/Оптич. журнал, 2013, 80, 98-105.
- [5] Авакян С.В., Баранова Л.А. Патент Российской Федерации №2551301, 2015, Бюлл. №3.

Рецензирование множества палеореконструкций методами Парето-оптимальности

Артамонова И.В.¹, Макаренко Н.Г.², Наговицын Ю.А.²

¹ ГГО им. А.И. Воейкова, Санкт-Петербург, e-mail: artirin@yandex.ru

² ГАО РАН, Санкт-Петербург

Климатические реконструкции прошлого известны в виде временных рядов. Существующая выборка таких рядов, полученных разными авторами охватывает тысячелетний интервал и плохо согласована даже на калибровочном (инструментальном) интервале. Проблема согласования реконструкций разных авторов в конечном наборе точек во времени выглядит практически безнадежной и поэтому представляет значительный интерес. Выделение такого (возможно неэквидистантного) множества маркеров позволило бы построить аппроксимирующую «коллективную» кривую, как комитет из альтернатив. Разумеется, данная задача предполагает «честность» и «независимость» получения каждого из временных рядов

палеореконструкций. Для решения проблемы необходим какой-то принцип, который позволяет выделять общие фрагменты в ситуации априорной неопределенности. Мы используем в качестве такого принципа идеи Парето из многокритериальной теории оптимизации. Так, некоторая возможная альтернатива считается оптимальной по Парето, если она лучше других, по меньшей мере по одному из критериев, и не хуже других по всем остальным критериям. Существует формальный вариант аналогичного выбора оптимума (максимума или минимума) по Парето для конечного набора функций, заданных на общем носителе. Так, максимум по Парето в некоторой точке выбирается как значение одной из функций, которая в этой точке строго доминирует над другими, при этом в окрестности этой точки не меньше всех остальных. Аналогично определяется Парето-минимум. Интервалы совместного возрастания или убывания функций рассматриваются как сравнимые по Парето (регулярные) точки.

Мы приводим иллюстрации применения Парето метода на моделях и гелиофизических рядах. Затем мы рассматриваем набор из пяти температурных 1000-летних реконструкций и инструментальный ряд с 1860 года и выделяем на них согласованные по Парето оптимумы (максимумы и минимумы). Эти точки могут быть использованы для построения «комитета» реконструкций, эффективного в смысле описанного критерия оптимальности.

Долгопериодические колебания микроволновых межпятенных источников

*Бажунина И.А.^{1,2,3}, Абрамов-Максимов В.Е.³,
Соловьев А.А.³, Смирнова В.В.³*

¹ НИУ «Высшая Школа Экономики», Нижний Новгород

² ФБГНУ «Научно-исследовательский радиофизический институт»,
Нижний Новгород, e-mail: rinbak@mail.ru

³ ГАО РАН, С.-Петербург

Представлено исследование квазипериодических колебаний микроволнового излучения с периодами в несколько десятков минут в ряде активных областей (АО) по данным радиогелиографа Нобеяма. Колебания радиоизлучения различных типов источников (пятенных, компактных и протяженных межпятенных (МПИ)) сопоставлены с колебаниями магнитных полей пятен. Выявлены как общие периоды, так и различия в колебаниях различных компонент радиоизлучения АО. Более значимая корреляция между колебаниями радиоизлучения и магнитного поля наблюдается для пятенных источников и компактных МПИ. Обсуждается возможная интерпретация колебаний МПИ.

Циклические изменения глобальной температуры воздуха, связанные с солнечной активностью и космическими лучами

Бикташ Л.З.

*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения
радиоволн ИЗМИРАН, Москва, e-mail: lilia_bikdash@mail.ru*

Проведены исследования годовых вариаций глобальной температуры воздуха в связи с вариациями солнечной активности, параметров солнечного ветра и космических лучей в 18-23 циклах солнечной активности. Показано, что при учете температурного тренда за 1965-2012 гг. температура воздуха максимальна в годы максимальной солнечной активности и минимумов потоков космических лучей, проникающих в атмосферу Земли. Важный вывод этих исследований заключается в том, что работает механизм изменения прозрачности атмосферы под воздействием космических лучей, который подвергается сомнению в последние годы. Основной причиной, приводящей к глобальному потеплению, по-видимому, являются антропогенные факторы, нарушающие естественную экосистему «солнечная активность-климат».

Циклические изменения глобального магнитного поля Солнца

Биленко И.А.

*Московский государственный университет, Астрономический
институт им. П.К. Штернберга, Москва, e-mail: bilenko@sai.msu.ru*

На основе данных за 21 - 24 цикл солнечной активности проведено исследование динамики глобального магнитного поля Солнца. Показано, что глобальное магнитное поле изменяется не хаотично, а выявляет определенные закономерности. Выделены отдельные периоды на основе доминирования секторных и зональных структур на различных фазах солнечной активности. Рассмотрены периоды смены знака глобального магнитного поля. Исследованы закономерности циклических изменений величины и формирование структур глобального магнитного поля, а также особенности вращения этих структур в выделенных периодах. Показан импульсный характер генерации глобального магнитного поля.

Проведено сопоставление с эволюционными циклическими изменениями локальных магнитных полей активных областей, радио излучения, параметрами и структурой межпланетного магнитного поля. Детально рассмотрены особенности, сходство и различия в поведении глобального

магнитного поля и локальных магнитных полей как в выделенных периодах каждого цикла, так и в рассматриваемых циклах в целом. Сопоставлены импульсы активности глобального магнитного поля с импульсами активности активных областей.

Проанализированы различные модели формирования наблюдаемой картины глобального магнитного поля.

**Взаимосвязь индексов активности Солнца и звезд
солнечного типа на разных фазах цикла активности.
Эффект гистерезиса**

*Бруевич Е.А.¹, Казачевская Т.В.², Катюшина В.В.²,
Нусинов А.А.², Якунина Г.В.¹*

¹Государственный астрономический институт им.
П.К.Штернберга, Москва, Россия, e-mail: red-field@yandex.ru,
yakunina@sai.msu.ru

²Институт прикладной геофизики им. акад. Е.К.Федорова, Москва,
Россия, e-mail: kazachevskaya@mail.ru

Эффект гистерезиса, проявляющийся в неоднозначной взаимосвязи индексов солнечной активности на фазах роста и спада цикла, анализируется для нескольких индексов, характеризующих потоки излучения солнечной фотосферы, хромосферы и короны. В 21 - 23 циклах, существенно различающихся по амплитуде, эффект гистерезиса проявляется в различной степени. У звезд солнечного типа, обладающих выраженной циклической активностью, подобной 11-летней солнечной, также обнаружено существование эффекта гистерезиса при анализе взаимосвязи потоков в хромосферных линиях H и K Ca II и потоков излучения фотосфер.

**Циклы магнитной активности звезд солнечного типа.
Место Солнца среди звезд с различными уровнями
хромосферной и корональной активности**

Бруевич Е.А., Шимановская Е.В., Якунина Г.В.

*Государственный астрономический институт им.
П.К.Штернберга, Москва, Россия, e-mail: red-field@yandex.ru,
lenashima@mail.ru, yakunina@sai.msu.ru*

Проведен анализ активности атмосфер Солнца и звезд солнечного типа с использованием наблюдений «НК-project» на обсерватории Mount Wilson, California and Carnegie Planet Search Program на обсерваториях Keck и Lick, а также Magellan Planet Search Program на обсерватории LasCampanas. Показано, что циклическая активность звезд, аналогичная 11-летней солнечной активности различается для звезд спектральных классов F, G и K: становится наиболее выраженной у звезд класса K. Сравнительный анализ звезд солнечного типа с разным уровнем хромосферной и корональной активности подтвердил, что Солнце принадлежит к звездам с низким уровнем хромосферной активности и среди этих звезд Солнце выделяется минимальным уровнем коронального излучения и минимальными вариациями потоков излучения фотосферы.

**Долговременные вариации индексов активности,
характеризующих различные уровни солнечной
атмосферы, в конце XX — начале XXI века**

Бруевич Е.А., Якунина Г.В.

*Государственный астрономический институт им.
П.К.Штернберга, Москва, Россия e-mail: red-field@yandex.ru,
yakunina@sai.msu.ru*

Представлены результаты обработки наблюдений индексов солнечной активности, характеризующих потоки излучения от фотосферы, хромосферы и короны. С 1990 г. по настоящее время рядом наблюдателей обнаружена долговременная тенденция необычного поведения (уменьшения) относительного числа солнечных пятен (SSN). Нами проведен анализ долговременных изменений наблюдаемых с конца XX по начало XXI века величин SSN и других солнечных индексов относительно их предварительно вычисленных значений, рассчитанных для разных уровней активности в зависимости от потока радиоизлучения на волне 10.7 см за период 1950-1990 гг., который характеризуется относительно стабильными соотношениями между индексами.

Свойства корональных дыр в 24-м цикле активности

Васильева В.В., Тлатов А.Г.

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

В работе представлены результаты отождествления корональных дыр (КД) по данным наблюдений космической обсерватории SDO/AIA-193 Å в период 2010-2015 гг. Для выделения КД разработаны процедуры реконструкции синоптических карт по данным ежедневных наблюдений с использованием весовых функций. Границы КД выделялись в полуавтоматическом режиме, с использованием гистограммы распределения яркости. Границы КД были совмещены с данными магнитных полей. В результате получен ряд данных о КД для оборотов N 2095-2166. Этот ряд продолжает ряд КД, полученный ранее за период 1975-2010 гг.[1]. Выполнен сравнительный анализ свойств КД 24-го цикла активности с данными 21-23 циклов. Наибольшие суммарные площади КД наблюдались в минимуме 24-го цикла активности. Минимальная площадь КД, наблюдается в максимумах активности, и площадь в максимуме 24-го цикла примерно равна площади КД в максимуме 23-го цикла.

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

Влияние солнечных протонных событий на развитие циклонических процессов в умеренных широтах

Веретененко С.В.^{1,2}

¹ФТИ РАН им. А.Ф. Иоффе, С.-Петербург

²СПбГУ, С.-Петербург, e-mail: s.veretenenko@mail.ioffe.ru

Приведены результаты исследования эффектов солнечных протонных событий (СПС) с энергиями частиц ≥ 100 МэВ в эволюции внетропических циклонов. Обнаружено, что после начала СПС происходит заметное усиление циклонической активности в умеренных широтах как северного, так и южного полушария. Наиболее статистически значимые эффекты СПС наблюдаются в Северной Атлантике у юго-восточного побережья Гренландии и у берегов Земли Королевы Мод в Антарктике. Показано,

что условия в районе гренландского побережья являются наиболее благоприятными для проявления эффектов СПС по сравнению с другими регионами северного полушария. Это обусловлено как низкими значениями пороговой жесткости геомагнитного обрезания, что позволяет высыпаться в данном регионе частицам с энергиями ~ 100 МэВ, так и особенностями структуры термо-барического поля тропосферы: расходимостью изогипс в верхней тропосфере и высокими температурными контрастами, создающими условия для адвекции холода, способствующей развитию циклонических процессов. Аналогичные условия наблюдаются в южном полушарии у берегов Антарктиды. Приведенные данные свидетельствуют о значимости изменений стратосферной ионизации в высоких широтах для формирования эффектов солнечной активности в циркуляции нижней атмосферы.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант №13-02-00783).

Аномалии облачности в умеренных широтах северного и южного полушарий: связь с динамикой атмосферы и вариациями космических лучей

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

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

² СПбГУ, С.-Петербург, e-mail: s.veretenenko@mail.ioffe.ru

³ ГАО РАН, Пулковое, С.-Петербург,
e-mail: maxim.ogurtsov@mail.ioffe.ru

Продолжено исследование связей между состоянием нижней облачности в различных широтных поясах северного и южного полушарий и вариациями галактических космических лучей (ГКЛ). Показано, что в умеренных ($30-60^\circ$) широтах обоих полушарий корреляция между аномалиями нижней облачности (ЛСА) и потоками ГКЛ имеет опосредованный характер и обусловлена влиянием ГКЛ на развитие внетропического циклогенеза. Нарушение положительной корреляции между аномалиями облачности умеренных широт и вариациями ГКЛ произошло в начале 2000-х годов одновременно в северном и южном полушарии и совпало с обращением знака эффектов ГКЛ в тропосферной циркуляции. Аналогичное изменение корреляции ЛСА-ГКЛ наблюдалось также в области низких широт $15^\circ\text{N}-15^\circ\text{S}$. Предполагается, что возможной причиной изменения корреляционных связей между исследуемыми атмосферными характеристиками и вариациями ГКЛ является изменение состояния стратосферного циркумполярного вихря, оказывающего существенное влияние на характер взаимодействия тропосферы и стратосферы. Приводятся данные,

свидетельствующие о резком ослаблении вихря в конце 1990-х – начале 2000-х годов. Результаты проведенного исследования подтверждают важную роль циркумполярного вихря в физическом механизме солнечно-климатических связей.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант №13-02-00783).

Слабые магнитные поля фотосферы в 21-23 циклах Солнца

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

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

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

В предыдущей работе [1] на основе данных обсерватории Китт Пик было проведено суммирование синоптических карт за период 1976 - 2003 гг. для различных групп магнитных полей, отличающихся по напряженности (B). В пределах одной группы магнитные поля имеют общие черты широтного распределения, в то время как для разных групп характер широтного распределения заметно отличается. Проведенный анализ показал существование четкой связи величины магнитного поля и его широтной локализации. В данной работе исследуются самые слабые поля ($B = 0 - 5$ Гс), которые локализованы около экватора $\pm 5^\circ$ и в интервале $40^\circ - 60^\circ$ в каждом из полушарий. Для приэкваториальной области самые слабые поля в северном и южном полушариях развиваются синхронно и приблизительно в противофазе с числами Вольфа. В то же время более сильные поля ($B = 5 - 10$ Гс и выше) изменяются в фазе с солнечным циклом. Следует отметить, что в приэкваториальной области поля одного знака в северном и южном полушариях изменяются почти синхронно, в то время как поля разных знаков для одного полушария связаны значительно слабее. Такая зависимость резко отличается от сильных магнитных полей в зоне пятен, где высокая корреляция наблюдается для полей разных знаков одного полушария [2]. Полученные результаты свидетельствуют о том, что слабые поля приэкваториальной области Солнца представляют собой не просто «крылья» распределения магнитных полей пятненной зоны, а совершенно особое явление.

- [1] Вернова Е.С., Тясто М.И., Баранов Д.Г. // Труды всероссийской конференции «Солнечная и солнечно-земная физика - 2014», Пулково, 2014, с. 79.
- [2] Vernova E.S., Tyasto M.I., Baranov D.G. // Solar Phys., 2014, v. 289, p. 2845.

Динамическая роль электронов в ускорении солнечного ветра

Веселовский И.С.^{1,2}, Капорцева К.Б.³

¹ Научно-исследовательский институт ядерной физики им.
Д.В. Скобельцына МГУ, Москва, e-mail: veselov@dec1.sinp.msu.ru

² Институт космических исследований РАН, Москва,

³ Физический факультет МГУ, Москва

В настоящее время существует ошибочная точка зрения, состоящая в том, что электроны в силу их малой массы менее важны, чем ионы в динамике солнечного ветра [1]. В действительности это не так. Мы показываем, что роль электронов принципиальна. Для этой цели сравниваются между собой весьма разрозненные экспериментальные данные о функциях распределения ионов и электронов, а также теоретические соображения. Во-первых, электроны обеспечивают приблизительную квазинейтральность при расширении корональной плазмы в межпланетном пространстве, оставаясь при этом дозвуковой и доальфвеновской составляющей плазмы. Во-вторых, они обладают более высокой теплопроводностью и переносят основной тепловой поток для нагрева ионов, который эффективно лимитируется локальной неустойчивостью в режиме частых столкновений, либо нелокальными механизмами при редких столкновениях на пролетных и захваченных траекториях. В-третьих, электроны несут сравнимые с ионными или большие электрические токи. Представлены простейшие многожидкостные и полукинетические модели с межпланетным электрическим потенциалом, позволяющие понять и частично объяснить наблюдаемые особенности функций распределения электронов и ионов в солнечном ветре. Сформулированы ожидаемые результаты миссии Solar Probe Plus, запланированной на 2018 г., в части получения недостающей информации об электрических полях и функциях распределения частиц в области формирования солнечного ветра.

[1] Marsch E. // Living Rev. Solar Phys., 2006, v. 3, № 1, cited 30.08.2015.

Динамическая связь активности в северном и южном полушариях Солнца

Волобуев Д.М., Макаренко Н.Г.

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

Известна асимметрия активности Солнца по полушариям, которая, в частности, усиливается в эпоху глобальных минимумов, когда пятна длительного времени могут присутствовать лишь в одном из полушарий. В данной работе мы рассматриваем полушария Солнца как динамические системы и используем подходы нелинейной хаотической динамики, которые позволяют установить не только наличие, но и направление динамической связи между ними.

Основой нашего подхода является реконструкция траектории динамической системы вложением временного ряда в псевдофазовое пространство с помощью алгоритма Такенса и предположение о выполнении условий обобщенной синхронизации. Наложим некоторое условие на близость фазовых векторов одной из реконструкций, используя численный параметр. Подсчитаем число синхронных векторов второй системы, которые удовлетворяют этому условию. Если две системы независимы, полученная оценка не должна меняться при изменении параметра близости. Изменение ролей систем в этой схеме приводит к асимметрии в оценке связи. Это обстоятельство позволяет, таким образом, выявить систему-драйвер. На основе данных Гринвичского каталога площадей пятен мы вычислили силу и направление динамической связи полушарий Солнца с 12-го по 24-й цикл.

Оказалось, что при существенной асимметрии по полушариям «ведущим» в динамике всегда оказывается то полушарие, в котором площадь пятен меньше. Однако сила связи не тождественна асимметрии, например, полушария в 14 и 23 циклах связаны аномально сильно, в то время как по асимметрии эти циклы не выделяются. Таким образом, сила динамической связи может рассматриваться как независимый индекс асимметрии.

Эволюция лапласиана Бохнера для магнитограмм активных областей Солнца

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

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

Поиск предикторов сильной вспышки является одной из важных прикладных задач физики Солнца. Современные прогнозы опираются на десятки предикторов. Их выбор мотивирован богатой наблюдательной феноменологией и эвристическими соображениями об изменении сложности в геометрии и/или топологии активных областей (АО), предвещающих вспышку. Недавний сравнительный анализ показал, что результативность прогнозов не превышает оценок, полученных по альтернативной модели, основанной на морфологии 60 классов АО в системе McIntosh. Одной из причин этой ситуации является коррелированность дескрипторов и отсутствие у них свойств математической морфологичности.

В этой работе мы рассматриваем последовательность магнитограмм (LOS SDO/HMI) для АО 2034, 2035 и 2036. Все три АО наблюдались на Солнце примерно в одно и то же время и были достаточно сложными. Они характеризовались примерно одинаковой вероятностью вспышечных событий, согласно официальным прогнозам NOAA, однако их наблюдаемая вспышечная активность оказалась различной. Нашей целью является обнаружение дескриптора, позволяющего дифференцировать их наблюдаемую динамику. Эвристика не накладывает обычно требований, связанных с групповыми свойствами паттернов. Однако эти свойства существенны для физического контекста. В частности, нельзя построить геометрических инвариантов, используя лишь дифференциальные операторы первого порядка. Поэтому мы используем технику Бохнера, основанную на вычислении т.н. слабого лапласиана. Такой лапласиан связан с потоками кривизны Риччи, и, для ограниченных компактных областей, с топологическими инвариантами наблюдаемого поля – числами Бетти.

Наблюдаемые магнитограммы были преобразованы в матрицы для плотности энергии (B^2). Используя дискретный вариант теории Морса, мы рассматриваем каждый пиксель полученного изображения как симплекс и вычисляем для него комбинаторный лапласиан Бохнера. Оказалось, что наиболее амплитудные вариации лапласиана сосредоточены в активной области вблизи линии раздела полярностей.

Эволюция полной пространственной вариации лапласиана имеет ряд максимумов для каждой из рассмотренных АО, однако максимумы в спокойных областях (АО 2034, 2035) имеют сравнительно низкую амплитуду, в то время как самый высокий максимум был достигнут за 29 часов перед вспышкой X1 в АО 2036.

Метод выявления влияния солнечной активности на содержание водяного пара в атмосфере Земли

Галкин В.Д., Никанорова И.Н.

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

Предлагается метод детального изучения влияния таких проявлений солнечной активности, как форбуш-понижения и протонные возрастания, на изменение содержания водяного пара в земной атмосфере. Он заключается в том, что результаты измерения содержания водяного пара в атмосфере во время форбуш-понижений или протонных возрастаний рассматриваются как функция наземной температуры во время каждого отдельного измерения, либо как функция абсолютной влажности. Величина абсолютной влажности может быть вычислена, исходя из известной температуры и данных об относительной влажности, если таковые имеются. Полученные зависимости для форбуш-понижения или протонного возрастания могут быть сопоставлены либо друг с другом, либо с такой же зависимостью, определенной для невозмущенной атмосферы.

Аналогичным образом могут быть исследованы такие факторы, влияющие на стандартное распределение влажности в атмосфере с высотой, как образование облачности на различной высоте, осадки, случаи сильной турбулентности, возможные сезонные явления, которые вносят свой вклад в рассеяние данных, используемых в исследовании.

The double peaked sunspot cycle 24

Georgieva K.¹, Kirov B.¹, Nagovitsyn Yu.², Obridko V.³

¹*Space and Solar-Terrestrial Research Institute of Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria*

²*Pulkovo Astronomical Observatory of Russian Academy of Sciences, Saint-Petersburg, Russia*

³*Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation of Russian Academy of Science, Russia*

Some sunspot cycles are double peaked when measured by the total sunspot number or area, others are single peaked. Gnevyshev in 1967 suggested that all sunspot cycles display double peaks due to different physical mechanisms, easily identified in different latitudinal bands, but in some cycles the peaks are too close and are merged in surface averaged indices. In an earlier study we found that the two peaks in sunspot cycles are due to the interplay between

advection and diffusion in the solar convection zone. We now extend our study to sunspot cycle 24 which is the weakest cycle in the last century, and has two well separated peaks.

Развитие течений и магнитных полей в активных областях. Эффект окаймления

Гетлинг А.В.¹, Исикава Р.², Бучнев А.А.³

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

² Научный центр Хиноде, Национальная астрономическая обсерватория Японии, Токио, Япония,
e-mail: ryoko.ishikawa@nao.ac.jp

³ Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, Новосибирск, e-mail: baa@ooi.sscs.ru

Выполнен качественный анализ полновекторных данных о магнитном поле и поле скоростей в растущей группе пятен. Одновременные измерения этих полей в молодой биполярной подобласти, развивающейся внутри АО 11313, были проведены 9-10 октября 2011 г. с помощью солнечного оптического телескопа на КА Хиноде. Наша цель состояла в поиске ответа на вопрос, насколько согласуется с реальностью картина, предсказываемая на основе известной модели всплывающей трубки сильного магнитного поля. Магнитограммы показывают, что распределения вертикальной, B_v , и горизонтальной, B_h , компоненты магнитного поля по площади магнитной подобласти пространственно скоррелированы. Напротив, подъем петли трубки магнитного потока привел бы к качественно иной картине, с пространственно разнесенными максимумами этих двух компонент магнитного поля: вертикальное поле было бы наиболее сильным в местах образования головного и хвостового пятна, тогда как напряженность горизонтального поля достигала бы максимума между ними. Найдена характерная особенность картины, которую мы назвали эффектом окаймления: некоторые локальные экстремумы B_v окаймлены областями локально усиленного B_h . Это указывает на фонтанообразную структуру магнитного поля вблизи экстремумов B_v , которая также едва ли согласуется со сценарием выхода петли силовой трубки. В поле вертикальных скоростей в развивающейся активной подобласти не выявляется восходящего течения в масштабе всей подобласти, какого следовало бы ожидать в случае всплывания трубки. Таким образом, наши наблюдательные данные не поддаются интерпретации с позиций модели всплывающей трубки.

Физические характеристики радиоизлучения над полярными областями Солнца

Голубчина О.А.

*Санкт-Петербургский филиал Специальной астрофизической
обсерватории РАН, Санкт-Петербург*

В работе приводится краткий обзор наблюдений радиоизлучения над полюсами Солнца на различных радиотелескопах в широком диапазоне длин волн (м-мм). Анализируются обобщённые результаты наблюдений на РАТАН-600 корональной дыры (КД) над Северным полюсом Солнца в широком сантиметровом диапазоне длин волн (1.03-30.7) см. Приводится сравнение этих физических характеристик (Ne- электронные плотности и T_b-яркостные температуры) КД над Северным полюсом Солнца с ранее полученными на РАТАН-600 характеристиками КД, расположенными на более низких широтах.

Солнечный и геомагнитный след в скорости вращения Земли

Горшков В.Л.

*Главная астрономическая обсерватория РАН, СПб,
e-mail: vigor@gao.spb.ru*

В продолжении нашей работы [1] на расширенном материале и более детально исследованы проявления солнечной активности (СА) и вариаций геомагнитного поля Земли (ГМПЗ) в неравномерности вращения Земли (вариации продолжительности суток, ПС) и в геофизических функциях угловых моментов атмосферы ($X_{ПС}^a$) и океана ($X_{ПС}^o$), возбуждающих вариации вращения Земли. Вариации ПС предварительно были освобождены от всех вариаций приливного характера. Межгодовые (от 2 до 8 лет) и более низкочастотные (декадные) вариации ПС и $X_{ПС}$ исследованы с помощью сингулярного спектрального анализа совместно с индексами СА. Данный метод позволяет выявлять общие структуры во множестве совместно исследуемых рядов с предполагаемой взаимообусловленностью.

Показано, что основное проявление СА заметно на межгодовых вариациях геофизических функций угловых моментов флюидных оболочек Земли $X_{ПС}$. Вариации ПС, освобождённые от вариаций обусловленных $X_{ПС}$, слабо коррелируют с СА на межгодовых частотах и практически не имеют статистической связи с декадными вариациями. Следовательно, именно флюидные оболочки Земли ответственны за проявление СА

на межгодовую неравномерность вращения Земли. Декадные вариации ПС, в свою очередь, имеют заметную корреляционную связь с вековыми вариациями ГМПЗ. При этом вариации ГМПЗ предварают на 8 лет соответствующие вариации ППС.

- [1] Горшков В.Л., Миллер Н.О., Воротков М.В. Труды конференции «Солнечная и солнечно-земная физика - 2011», СПб, 2011, с. 323-326.

Солнечные микровсплески

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

¹Санкт-Петербургский Государственный Университет

²Санкт-Петербургский филиал Специальной астрофизической
обсерватории РАН

В настоящей работе было проведено исследование солнечных дециметровых микровсплесков (МВ). МВ представляют собой высокочастотные вариации как на кривой интенсивности, так и на кривой поляризации в зависимости от частоты и времени. МВ наблюдаются в суперпозиции с непрерывным излучением на фоне общего усиления интенсивности излучения в активной области (АО). Источниками излучения МВ являются ускоренные электроны, запертые в магнитных петлях над АО.

Анализ данных наблюдений, полученных с помощью радиотелескопа РАТАН-600, позволил доказать подлинность явления МВ в рассматриваемой АО. Наличие эффекта подтверждено а) существованием явления в нескольких азимутальных наблюдениях, б) статистическим анализом, а именно сравнением поведения автокорреляционных функций разных участков Солнца и исследуемой АО и в) сравнением спектра излучения указанной АО со спектром излучения спокойного Солнца.

Кроме того, удалось вычислить среднюю длительность отдельного всплеска: она составила величину порядка ~ 3.2 с.

Предложено теоретическое объяснение природы и механизма генерации дециметровых МВ. Природа явления МВ предполагалась родственной природе шумовых бурь на Солнце, характерным для метрового диапазона длин волн. Механизмом генерации МВ полагался некогерентный механизм генерации ленгмюровских волн. В рамках действия механизма генерации радиоволн, связанного с двойным плазменным резонансом и последующей

трансформацией верхнегибридных волн при их взаимодействии с низкочастотными плазменными волнами, было показано, что МВ должны возникать в областях активной области между основными магнитными полями противоположной направленности, где напряженность магнитного поля в переходной области достигает значений порядка $\sim (100 \div 150)$ Гс.

Определена высокочастотная граница спектра МВ. Она оказалась близка к значению порядка ~ 2.5 ГГц, что превышает значения, полученные в более ранних наблюдениях. Объяснить данный эффект оказалось возможным построив модель, отличающуюся повышенной концентрацией тепловых электронов в АО в сравнении известной моделью.

Произведен анализ различных зависимостей распределения ускоренных электронов в АО, являющихся причиной генерации МВ. Выяснено, что наиболее вероятной является модель анизотропного степенного распределения электронов по импульсам с конусом потерь, содержащего низкоэнергетическую отсечку. Показано, что данная зависимость может быть использована для описания МВ, при степенном индексе, равном $\xi = 2$, и значению отсечки, равной $p_{z0} = \sqrt{2mE}$, соответствующей энергии $E = 30$ кэВ. Исследованы возможные области генерации МВ в АО и на основе расчётов инкрементов верхнегибридных волн, исходя из предложенной функции распределения ускоренных электронов, в рамках известной модели солнечной атмосферы с учетом циклотронного и тормозного поглощений определены спектральные характеристики их радиоизлучения.

Особенности поведения МГД волн солнечного ветра в магнитослое

Гриб С.А.¹, Леора С.Н.²

¹ ГАО РАН, Пулково, г. Санкт-Петербург, Россия,
e-mail: sagrib@gmail.com

² СПбГУ, математико-механический факультет,
г. Санкт-Петербург, Россия, e-mail: leora2008@mail.ru

При падении межпланетной ударной волны на систему головная ударная волна (ГУВ) – магнитосфера Земли в результате распада произвольного разрыва в магнитослое образуются вторичные магнитогидродинамические (МГД) волны. На основе МГД теории с использованием космических данных доказывается возможность возникновения в магнитослое обратной быстрой ударной МГД волны из отраженной от магнитопаузы обратной магнитозвуковой волны сжатия. Указывается на подтверждение

этого механизма при наблюдении смещения ГУВ в сторону Солнца 7 ноября 2004 года на космическом аппарате Cluster SC 3. Кроме того, в присутствии наклонного магнитного поля предлагается новый физический механизм возникновения в плазме магнитослоя «плато» повышенной плотности заряженных частиц с провалом величины межпланетного магнитного поля, наблюдаемого на аппарате ISEE. Триггером этого механизма служит столкновение вращательного разрыва, бегущего по потоку солнечного ветра, с ГУВ. С помощью предложенного механизма можно объяснить также возникновение магнитных дыр, наблюдаемых изолированным образом в магнитослое Земли. В поперечном магнитном поле рассматриваемые структуры ограничены разрывами по направлению и сохраняют устойчивость при перемещении в магнитослое. Работа осуществлялась в рамках Программы П 9 Президиума РАН и при частичной поддержке грантом РФФИ 14-01-00335а).

Многоволновые наблюдения вспышки 10 мая 2012: ускорение частиц и всплытие магнитного поля

**Григорьева И.Ю.¹, Кузнецов А.А.², Мешалкина Н.С.²,
Мышьяков И.И.²**

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

² Институт солнечно-земной физики, Иркутск,
e-mail: a_kuzn@iszf.irk.ru

² Институт солнечно-земной физики, Иркутск,
e-mail: nata@iszf.irk.ru

² Институт солнечно-земной физики, Иркутск,
e-mail: ivan_m@mail.iszf.irk.ru

В работе представлено исследование динамики вспышечного события M5.7 GOES класса, произошедшего на диске 10 мая 2012 в области малых пятен вблизи локальной нейтральной линии магнитного поля. Изучены свойства жесткого рентгеновского (HXR) и микроволнового (MW) излучения, связанного с этой вспышкой. Построены спектры фотонов по данным с космических телескопов Konus-WIND и RHESSI для этой вспышки. Проведен детальный анализ одномерных данных ССРТ (5.7 ГГц) и данных поляриметров NoRP. Построены двумерные изображения радиокарт (ССРТ и NoRH), получены пространственные характеристики для наблюдаемых радиоисточников на микроволнах. По LOS-магнитограммам (SDO/HMI)

зарегистрирован процесс всплытия нового поля в небольшой области, при-
мыкающей с северо-запада к одному из очагов вспышечной активности в
УФ-линиях 1600-1700 Å (SDO/AIA) группы NOAA 11476. Комплексный
анализ показал, что рост излучения на микроволнах и в жестком рентгене
наблюдается практически одновременно. Зарегистрированы два всплеска
в MW-диапазоне, различающиеся по свойствам в поляризованном излу-
чении. Второй всплеск сопровождается возникновением HXR-источника
в вершине петли (с энергиями до 100 кэВ) — по-видимому, области основ-
ного ускорения частиц. Дана оценка изменения магнитного потока через
небольшую площадку участка на фотосфере, связанного со всплытием
нового поля противоположной полярности.

Эти результаты непосредственно указывают на связь развития неста-
ционарных процессов со всплытием поля, усилением тока и весьма эффек-
тивным ускорением частиц. Такие жесткие явления, как правило, проис-
ходят не над нейтральной линией вне пятен, а в событиях над большими
пятнами (как в мощных вспышках 14 июля 2000 г. и 20 января 2005 г.).

Анализ геомагнитно-ионосферных бурь, инициированных возмущениями ММП и параметров солнечного ветра

Гуляева Т.Л.

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

В докладе представлен глобальный отклик ионосферы на возму-
щения межпланетного магнитного поля (ММП) и солнечного ветра
(СВ). Исследованы 67 геомагнитно-ионосферных бурь по данным АЕ-
индекса авроральной электроструи, D_{st} бурь кольцевого тока и бурь пол-
ного электронного содержания (ТЕС) по глобальным картам GIM-ТЕС
за 1999 - 2015 гг. Начало бури определяется по пороговым значениям па-
раметров ММП (B , dB/dt , B_z) и последующему максимальному значению
АЕ выше 1000 нТ [1]. Интенсивность отклика ионосферы определялась
относительной плотностью облаков повышенного ТЕС по сравнению со
спокойным фоновым уровнем (V_p) и относительной плотностью крупно-
масштабных провалов в ионизации в так называемой отрицательной фазе
ионосферной бури (V_n).

Методом наложения эпох выведен типичный профиль изменения ско-
рости СВ во время бурь, профили бурь АЕ и D_{st} . Профиль интенсивности
положительных бурь ТЕС показал глобальную облачность плазмы от 2%
до 10% ячеек на карте. Профиль интенсивности отрицательных бурь ТЕС
меняется в тех же пределах, но с запаздыванием на 12 ч по сравнению с

пиком облачности. Хотя мы еще далеки от возможности прогнозирования динамики крупномасштабных облаков и провалов в ионосфере подобно метеорологическим прогнозам, сдвиг во времени (запаздывание) одних процессов по сравнению с другими позволяет при появлении признаков начала бури в параметрах ММП и солнечного ветра и наземном мониторинге геомагнитных и ионосферных параметров прогнозировать развитие рассмотренных процессов в течение 48 ч после начала бури.

[1] Tsagouri I., Belehaki A. // Adv. Space Res. 2006. Vol. 37, pp. 420-425.

**Жесткости обрезания космических лучей в период
геомагнитной бури в марте 2012 года и их связь
с параметрами солнечного ветра и ММП.**

Данилова О.А.

СПбФ ИЗМИРАН, Санкт-Петербург

Для периода сильной геомагнитной бури в марте 2012 были рассчитаны теоретические вертикальные эффективные геомагнитные пороги методом траекторных расчетов в магнитном поле возмущенной магнитосферы Цыганенко TS01 и проведено сравнение с экспериментальными жесткостями обрезания, полученными методом спектрографической глобальной съемки по данным мировой сети нейтронных мониторов. Эта буря характеризуется скоростью солнечного ветра более 700 км/с и $Dst = -143$. Проведен совместный анализ временных вариаций, полученных теоретических и экспериментальных геомагнитных порогов и связи их с параметрами солнечного ветра и ММП.

**Влияние орбитального воздействия и солнечной
активности на изменчивость климата с момента
окончания последнего оледенения**

Дергачев В.А.

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

Для прошлого примерно миллиона лет в изменении глобального климата на ~ 100 -тысячелетних масштабах имели место ледниково-межледниковые колебания. Средняя земная температура в течение более, чем 90% времени такого колебания была более холодной, и часто на ~ 5 -10 градусов, чем в настоящее время. Теплые межледниковые периоды составляли менее $\sim 10\%$ времени цикла и в среднем продолжались только ~ 10 тыс. лет. Конец последнего ледникового максимума приходится примерно на 20 тыс. лет назад и отмечен одновременным повышением температуры и содержания углекислого газа в земной атмосфере. После окончания последнего ледникового периода примерно 11.5 тыс. лет назад наступила современная межледниковая эпоха (голоцен) с относительно стабильным климатом. Остро встаёт вопрос определения времени окончания голоцена. Естественное изменение климата в настоящее время действует совместно с вызванными человеком изменениями в климатической системе. Предсказания будущего изменения климата, согласно концепции сторонников антропогенного воздействия на климат, являются тревожными для будущего человечества в связи с угрозой резкого глобального потепления. Важно отметить, что сторонники этой концепции, как правило, не учитывают, что климат функционирует на долговременной шкале. Поэтому важно отделить эффекты различных агентов воздействия на климат, для того чтобы определить степень антропогенного вклада и естественной изменчивости климата.

Для расшифровки эволюции глобального климата с момента окончания последнего ледникового максимума, включая голоцен, и исследования изменчивости и вклада различных факторов, воздействующих на климат, в работе проанализированы природные архивы датированных данных, таких как озерные и океанические отложения, отложения торфа, годовичные кольца и ледяные керны, с высокой разрешающей способностью. Особое внимание уделено осцилляциям (потепления или похолодания) климата, выделяемым на всём исследованном интервале. Представлены палеоклиматические доказательства прошлого влияния орбитального воздействия и солнечной изменчивости на климат Земли.

Обращается внимание на существенное несоответствие между изменениями температуры в течение голоцена, выведенной из обилия косвенных данных (тенденция похолодания), полученных в последнее время, и вос-

производимой в моделях климата (тенденция потепления). По детальным анализам многочисленных высокоширотных данных (главным образом, годовых колец деревьев) по изменению климата за прошлые 2000 лет прослежена долгосрочная тенденция похолодания, которая может быть обусловлена постепенным изменением положения Солнца и увеличением расстояния между Землей и Солнцем.

Сейсмологический метод измерения средней скорости звука и высотных расстояний в атмосфере солнечных пятен

Дерес А.С.¹, Анфиногентов С.А.²

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

² *Институт солнечно-земной физики, Иркутск,
e-mail: anfinogentov@mail.iszf.ru*

В работе представлен сейсмологический метод для измерения средней скорости звука и относительных высот формирования излучения в атмосфере тени солнечного пятна, наблюдаемого на различных длинах волн. Предложенная нами методика позволяет оценить значения этих величин, не вводя дополнительных предположений о скорости звука или высотах формирования излучения. Метод основан на измерении задержек и пространственных смещений, возникающих при распространении трёхминутных колебаний от одного уровня солнечной атмосферы к другому. Использовались наблюдения трехминутных колебаний над тенью пятен активных областей NOAA 11131, 11582 и 11711 по данным SDO/AIA на длинах волн 1600 и 304 Å. В данной работе, мы считали, что трёхминутные колебания являются медленными магнито-звуковыми волнами и распространяются вдоль силовых линий магнитного поля. Используя данное предположение, мы оценили расстояние и среднюю скорость звука между излучающими слоями в температурном минимуме (1600 Å) и в переходной зоне (304 Å) для трёх активных областей: NOAA 11131, 11582 и 11711. Согласно нашим измерениям среднее расстояние между температурным минимумом и переходной зоной варьируется в пределах 500 – 800 км, а соответствующая средняя скорость звука составляет около 30 км/с для всех активных областей, что очень близко к ожидаемой скорости звука в хромосфере.

Начальные скорости корональных выбросов масс и особенности сопровождаемых вспышек

Дивлекеев М.И

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
ГАИШ, Москва, e-mail: div@sai.msu.ru*

Оценены скорости корональных выбросов масс, которые произошли во время вспышек 30 июля 2005 г., 5 мая 2012 г. и 24 февраля 2015 г. Вспышка 30 июля 2005 г. привела к нагреву облака холодной плазмы, попавшей в область вспышки, которая в результате этого стала подниматься вверх с ускорением 0.24 км/с^2 . Во время вспышки 5 мая 2012 г., наблюдавшейся на обратной стороне Солнца, произошёл разрыв холодного и горячего жгутов около одного из оснований на уровне хромосферы, что привело к выбросу как горячей, так и холодной плазмы. Скорости движения холодной и горячей массы практически были одинаковыми. Относительно слабая, продолжительная (более двух часов) вспышка 24 февраля 2015 г. началась с разрыва жгута, приведшего к выбросу горячей плазмы. Скорости последних выбросов больше скорости первого, и составляли примерно 1000 км/с .

Влияние меридионального градиента скорости на структуру турбулентности в солнечном ветре

Ерофеев Д.В.

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

Данные, полученные космическим аппаратом Ulysses, показывают существенную трансформацию структуры крупномасштабной турбулентности солнечного ветра (СВ), происходящую на низких гелиографических широтах в эпохи минимумов солнечного цикла. Эта трансформация проявляется также в измерениях параметров СВ на околоземных орбитах. Возможной причиной ее является присутствие сильного меридионального градиента скорости, который наблюдается в низкоширотной гелиосфере в эпохи низкой солнечной активности.

Меридиональный градиент скорости СВ приводит к изменению ориентации волновых фронтов турбулентных флуктуаций, причем такому, что их нормали отклоняются от радиального направления в сторону гелиографического экватора. Ожидаемая величина угла отклонения в функции гелиографической широты может быть оценена по измерениям скорости СВ

приборами КА Ulysses. С другой стороны, эта функция может быть рассчитана с помощью метода минимума дисперсии по измерениям вектора магнитного поля. Сопоставление оценок, полученных двумя указанными способами по данным Ulysses за 1992-1997 и 2005-2006 гг., продемонстрировало их хорошее согласие. Оценки, в частности, показывают, что в периоды минимумов активности нормали к волновым фронтам отклоняются от радиального направления в сторону экватора на углы до $50-60^\circ$, причем наиболее значительные отклонения имеют место в низкоширотной зоне гелиосферы.

Медленные колебания солнечных волокон в Н-альфа по данным GONG

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

*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория,
e-mail: maklimur@gmail.com*

По наземным наблюдениям, выполненным в линии Н-альфа сети телескопов Global Oscillation Network Group (GONG), впервые выявлены ультранизкочастотные колебания солнечных волокон с периодом около 30 часов при длительности исследуемого временного ряда в 5 дней. Этот период близок к периоду колебаний магнитного поля солнечных пятен, изучаемых на основе данных космического магнитографа SOHO/MDI.

Исследование радиального профиля продольного магнитного поля в солнечном пятне

Живанович И., Соловьев А.А., Смирнова В.В.

ГАО РАН, г. Санкт-Петербург, Россия,
e-mail: vsvvid.smirnova@yandex.ru

Исследование пространственного распределения вертикального, по отношению к поверхности фотосферы, магнитного поля в солнечном пятне играет очень важную роль при моделировании физических параметров пятна, при расчете его общей энергетики, и в ряде других задач. Как известно, общепризнанного, «канонического» профиля продольного поля пятна на сегодняшний день не существует. Современные космические наблюдения, благодаря их высокому пространственному разрешению, дают хорошую возможность приблизиться к решению этой задачи. Нами было рассмотрено 30 униполярных солнечных пятен, квази-симметричной конфигурации, находившихся вблизи центра солнечного диска и не показывавших в течение одного–двух дней каких-либо значительных изменений своей конфигурации или напряженности магнитного поля. На магнитограммах каждого из этих пятен было построено по четыре радиальных разреза. Все расстояния измерялись в единицах радиуса тени пятна. Показано, что усредненный по всем пятнам радиальный профиль продольного поля в тени пятна хорошо описывается формулой для магнитного монополя, вне зависимости от радиуса тени пятна.

Вариации магнитного поля в тени одиночных и магнитно-связанных пятен при их прохождении по диску Солнца

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

¹ИЗМИРАН, г. МОСКВА, Троицк, e-mail: yuliazag@izmiran.ru

²ИСЗФ СО РАН, г. Иркутск.

Исследованы изменения характеристик тени четырех одиночных пятен при их движении по диску Солнца от восточного до западного лимба. К таким характеристикам относятся максимум и среднее значение магнитной индукции, минимальный и средний угол между направлением поля и радиальным направлением из центра Солнца в точке измерения поля, а также площадь тени пятна. Все рассмотренные пятна проходили через завершающий этап формирования и начальную стадию исчезновения, а

также период с квазиустановившимися параметрами. На фазе возникновения площадь тени и магнитная индукция в тени пятна возрастают, а минимальный и средний в пределах тени угол уменьшаются. На фазе исчезновения эти параметры ведут себя противоположным образом.

На стадии с квазиустановившимися параметрами указанные параметры меняются немонотонно. Для каждого рассмотренного одиночного пятна обнаружена положительная корреляция между магнитной индукцией в тени пятна и площадью тени и отрицательная корреляция между величиной поля и минимальным и средним углом между направлением поля и радиальным направлением из центра Солнца в месте измерения поля, а также между этим углом и площадью тени. Это согласуется с аналогичными зависимостями, полученными авторами для головных пятен из выборки пар магнитно-связанных пятен, расположенных в разное время вблизи центрального меридиана. Изучена сложная эволюция АО NOAA 11330 при ее движении по диску Солнца от восточного к западному лимбу. На начальном этапе движения часть магнитного потока из ведущего пятна, магнитно-связанного с замыкающим пятном, уходит в замыкающие пятна соседней, более северной АО NOAA 11325. Со временем эта активная область исчезает, и весь магнитный поток из ведущего пятна АО 11330 устремляется в замыкающее пятно этой АО. Через некоторое время исчезают замыкающие пятна в этой АО и магнитный поток из ведущего пятна снова перераспределяется. Переход от одного этапа движения АО 11330 к другому этапу сопровождается изменением зависимости от долготы магнитных характеристик тени и ее площади, как ведущего, так и замыкающего пятен, а также к изменению характера связи между различными параметрами тени обоих типов пятен.

Генерация супердрайсеровских электрических полей в солнечной хромосфере

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

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

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

Рассмотрена генерация электрического поля на фронте импульса тока, возникающего в корональной магнитной петле в результате развития в ее основаниях магнитной неустойчивости Релея-Тэйлора. При этом за время порядка $\tau_A \simeq l/V_A \approx 5 \div 25$ сек (где $l \simeq (1 \div 5) \times 10^7$ см - протяженность по высоте языка плазмы, вторгающегося в магнитную петлю в

результате неустойчивости Релея-Тэйлора) возмущение, связанное с натяжением магнитного поля $B_\varphi(r, t)$, "убегает" из области неустойчивости с альфвеновской скоростью. В результате вдоль магнитной петли начинает распространяться импульс электрического тока $I_z(z - V_A t)$ с характерным масштабом $\Delta z \approx l$, на фронте которого, согласно закону Фарадея, возможна генерация индукционного электрического поля E_z , направленного вдоль оси магнитной трубки, т.е. способного ускорять частицы. Показано, что в случае слабых токов, когда $B_\varphi^2/8\pi \approx (I_z^2/2\pi c^2 a^2) \ll p$, где a — полутолщина трубки, p — давление плазмы, продольное электрическое поле не возникает, т.е. импульс тока в этом случае представляет обычную линейную альфвеновскую волну, распространяющуюся вдоль магнитного поля. В случае достаточно больших токов, когда $B_\varphi^2/8\pi > p$, возникает нелинейный режим распространения импульса электрического тока и генерируется относительно большое продольное электрическое поле $E_z \approx 2I_z^3 V_A / c^4 a^2 B_z^2 l$, которое в зависимости от величины электрического тока может превышать поле Драйсера, $E_D = 6 \times 10^{-8} n_e / \text{ТВ/см}$. В этом случае все электроны в области локализации импульса тока будут находиться в режиме убегания и мощность энерговыделения в хромосфере может существенно возрасть. Супердрайсеровские электрические поля необходимы также для инжекции протонов в режим ускорения ленгмюровской турбулентностью, генерируемой быстрыми электронами, возникающими на фронте импульса электрического тока. В условиях солнечной хромосферы электрическое поле на фронте импульса при токах $I \approx 4 \times 10^{10} \text{ А}$ начинает превышать поле Драйсера, начиная с высот, для которых $n < 10^{13} \text{ см}^{-3}$. При меньших значениях тока супердрайсеровский режим начинает выполняться на более высоких уровнях хромосферы, для которых $n < 10^{12} \text{ см}^{-3}$ (при токах $I \approx 1.3 \times 10^{10} \text{ А}$).

Работа частично поддержана грантами РФФИ № 14-02-00133, 15-02-02808 и контрактом Министерства науки и образования РФ № 14Z50.31.0007.

**О точности измерений спектров жесткого
рентгеновского излучения солнечных вспышек
детектором нейтронов высоких энергий HEND
на борту космического аппарата Марс Одиссей**

Зимовец И.В.¹, Головин Д.¹, Митрофанов И.¹, Бахтин Б.¹,
Литвак М.¹, Выборнов В.¹, Лившиц М.²

¹ *Институт космических исследований Российской академии наук,
Москва, Россия, e-mail: ivanzim@iki.rssi.ru*

² *Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения
радиоволн им. Н.В. Пушкова Российской академии наук, Троицк,
Москва, Россия*

Детектор нейтронов высоких энергий HEND на борту космического аппарата Марс Одиссей детектирует жесткое рентгеновское и гамма-излучение ($\approx 70 - 2000$ кэВ) солнечных вспышек с 2001 г. Наблюдения с других, по сравнению с Землей, гелиографических долгот позволяют получать важную дополнительную информацию о вспышечных источниках. В частности, совместные наблюдения с помощью HEND и RHESSI могут позволить изучить направленность излучения, а также исследовать связь хромосферных и корональных источников излучения в частично заливочных вспышках. Для решения этих задач необходимо иметь матрицы отклика прибора HEND на жесткое рентгеновское и гамма-излучение. В докладе представлено текущее состояние дел по данному вопросу. Приводится сопоставление наблюдений HEND и RHESSI ряда солнечных вспышек. Обсуждаются возможности улучшения точности калибровки HEND.

**О связи вспышечных источников жесткого
рентгеновского излучения и электрических токов
на фотосфере**

Зимовец И.В.¹, Шарыкин И.Н.¹

¹ *Институт космических исследований Российской академии наук,
Москва, Россия, e-mail: ivanzim@iki.rssi.ru*

Широко распространено представление о том, что первичное энерговыделение солнечных вспышек и ускорение заряженных частиц происходят в пересоединяющихся токовых слоях, располагающихся в активных областях в короне. Однако не исключена возможность того, что указанные процессы также могут быть связаны с быстрой диссипацией электрических токов, протекающих по магнитным петлям. В таком случае можно

ожидать, что вспышечные источники жесткого рентгеновского излучения должны располагаться в хромосферных подножиях магнитных петель с сильными продольными электрическими полями. Цель данной работы — изучить такую возможность посредством совместного анализа наблюдений RHESSI вспышечных источников жесткого рентгеновского излучения и распределения вертикальных электрических токов на фотосфере, восстанавливаемых с помощью векторных магнитограмм, полученных инструментом HMI/SDO. Представлены предварительные результаты анализа ряда мощных вспышек, располагавшихся вблизи центра солнечного диска.

Минимум Маундера: ревизия

Золотова Н.В., Понявин Д.И.

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

Минимум Маундера известен как уникальный период почти полного отсутствия солнечных пятен в течение 70 лет (с 1645 по 1715 гг.) с сильной асимметрией активности в одном из полушарий. В данной работе мы проводим детальное исследование номинального числа групп солнечных пятен для каждого из наблюдателей, включенного в каталог Хойта и Шаттена, начиная с 1610 года. Показано, что данная база данных сильно занижает уровень солнечной активности в период минимума Маундера, поскольку содержит большое количество искусственных нулей, полученных из архивных источников, не связанных непосредственно с наблюдением пятен или коротких письменных сообщений об отсутствии больших пятен как таковых. Делается вывод, что минимум Маундера не является исключительным, а есть следствие векового понижения активности с сохранением 11-летней цикличности.

Широтные характеристики распределения групп солнечных пятен в догринвичских данных

Иванов В.Г., Милецкий Е.В.

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

В работе исследуются и сравниваются характеристики широтного распределения групп солнечных пятен в двух каталогах: гринвичском каталоге и каталоге, основанному на наблюдениях Швабе (1825–1867) [1]. Продемонстрировано, что в обоих каталогах имеются сходные по характеру связи между широтными и амплитудными характеристиками цикла: дисперсия широтного распределения пропорциональна текущей активности, а средняя широта пятен в максимуме цикла — его амплитуде. Это согласуется с выводами, сделанными нами для гринвичского каталога в работах [2, 3].

Показано, что широтные характеристики распределения пятен значительно устойчивее к потере наблюдательных данных, чем традиционные индексы активности. Таким образом, найденные связи могут быть использованы для оценки качества наблюдений и независимой нормировки уровня активности в неполных догринвичских данных, что и продемонстрировано в работе на примере каталога Швабе.

- [1] R. Arlt, R. Leussu, N. Giese, K. Mursula and I.G. Usoskin // M.N.R.A.S., 2013, v.433, pp.3165–3172.
- [2] Иванов, В. Г., Милецкий, Е.В., Наговицын, Ю.А. // Астрон. жур., 2011, v.88, pp.989–996.
- [3] Ivanov, V.G. and Miletsky, E.V. // Geomagnetism and Aeronomy, 2014, v.54, pp.907–914.

Существует ли предел энергии корональных выбросов массы на Солнце?

Иванов Е.В.

*ИЗМИРАН, г. Москва, г. Троицк, Калужское шоссе, д. 4, Россия,
e-mail: ivstp@mail.ru*

Исследована связь изменений максимальной скорости корональных выбросов массы (КВМ) на Солнце с изменениями характерных размеров

элементов крупномасштабной структуры магнитного поля Солнца (КСМПС) в течение 1979-1989 и 1996-2014 гг.. Предполагается что максимальная скорость и соответственно энергия КВМ определяется характерными размерами корональной арочной структуры, связывающей между собой отдельные активные области комплекса активных областей, размеры которого определяются характерными размерами КСМПС. Поскольку наиболее интенсивные активные области концентрируются на границах структурных ячеек КСМПС с уменьшением характерных размеров этих ячеек на фазе роста солнечного цикла возникают всё более благоприятные условия для возникновения всё более сложных комплексов активности, в арочных структурах которых и запасается энергия высвобождаемая в виде КВМ. Вблизи максимума активности и в начале фазы спада размеры комплексов активности и соответственно арочных структур, связывающих отдельные активные области соответствующего комплекса, и определяют возможную максимальную энергию КВМ. Далее на фазе спада солнечного цикла по мере роста характерных размеров ячеек КСМПС условия для возникновения достаточно больших комплексов активности вновь нарушаются, что приводит к постепенному уменьшению их размеров и соответственно максимальных скоростей КВМ. В конце фазы спада комплексы практически уже не возникают и КВМ возникают лишь в отдельных активных областях, что приводит к некоторому увеличению числа КВМ с соответствующим уменьшением их максимальной скорости.

Вращение солнечных пятен и их связь с солнечными вспышками в 24-м цикле активности

Илларионов Е.А.¹, Тлатов А.Г.²

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

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

Статистические особенности формы солнечных пятен и их вариации являются относительно мало изученным вопросом. В то время как в литературе большое внимание уделяется подробному описанию отдельных активных областей, которые по тем или иным показателям выделяются на фоне остальных, картина в целом остается неясной. Причина здесь, по-видимому, в том, что анализ, применяемый для выборочных событий, оказывается неприспособленным для автоматического анализа сразу большого массива данных или требует существенных вычислительных затрат. В нашей работе мы развиваем иной подход и предлагаем выделять

геометрические свойства пятен, по которым можно отследить индивидуальные особенности пятен и их временные вариации в масштабах цикла. Наиболее показательной в этом отношении характеристикой, на наш взгляд, является показатель вытянутости и наклона пятна. Для анализа мы использовали снимки пятен высокого разрешения, полученные с SDO/HNI в период 2010–2015, на которых алгоритмически выделялись границы пятен и оценивался угол наклона. При последовательном просмотре снимков статистически значимые направленные изменения угла наклона пятна свидетельствуют об его вращении, и появляется возможность определить направление и скорость вращения. Вопреки нашим ожиданиям, мы не наблюдаем выраженного правила полярности по отношению к направлению вращения, а также значимой зависимости от широты, площади и величины поля в пятне. В то же время мы отмечаем определенную связь с близким присутствием мощных вспышек класса М и X и корональных выбросов массы.

Длиннопериодные компоненты корреляционных отношений показаний артериального давления и пульса за 17 лет наблюдений

Исайжина О.Ю.¹, Кукса Ю.И.², Шибачев И.Г.³

¹ *ГИПМ (Государственный институт профилактической медицины)*

² *ЦГЭМИ ИФЗ РАН*

³ *ИЗМИРАН*

Данная работа опирается на длительные наблюдения, взятые из дневника самоконтроля пациента (мужчина, 1940 г. рождения) с гипертонической болезнью II стадии 2-й степени. Измерения (мониторинг) систолического артериального давления (САД), диастолического артериального давления (ДАД) и частоты сердечных сокращений проводятся с 25 марта 1997 г. по настоящее время дважды в сутки: утром, после сна, и вечером. Такой самоконтроль позволяет врачу точнее оценивать истинный уровень артериального давления и подбирать антигипертензивный препарат при длительном лечении, обеспечивая нормальную жизнедеятельность пациентов. В предыдущей публикации [1] дана общая оценка этих показаний более чем за 13 лет и отмечено, что утреннее состояние организма более чувствительно к фоновому воздействию.

В настоящей работе, для сравнения и анализа, используются ряды, отражающие во времени динамику коэффициентов корреляции, которые получены при одновременном сканировании данных мониторинга. Упор

делается на временную динамику длиннопериодных компонент корреляционных рядов на всем интервале наблюдений, т. е. более чем за 17 лет. Проведено сопоставление с числами Вольфа и с результатами работы [1]. Получены следующие результаты:

- в вечерних показаниях выделена модуляция с периодом около трех лет;
- продемонстрирована возрастная динамика данных мониторинга;
- корреляционные связи утро-вечер для САД и ДАД меняются в противофазе с числами Вольфа.

- [1] Исайкина О.А., Кукса Ю.И., Шибаетов 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.

О связи между высоко- и низкоширотной солнечной активностью

Ихсанов Р.Н., Иванов В.Г.

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

Связь между высокоширотной и низкоширотной активностью Солнца неоднократно обсуждалась ранее, однако последние 11-летние циклы (22–24) вызвали новые вопросы.

В качестве высокоширотной составляющей в данной работе использовались ежемесячные данные о полярных факелах (ПФ), полученные на Горной астрономической станции РАН В.В. Макаровой. Для характеристики низкоширотной активности были взяты суммы площадей групп пятен (S_p) за 20–24 циклы.

Проведено исследование корреляций между этими двумя рядами. Выявлен ряд закономерностей. Наиболее отчётливой является связь между ПФ данного с S_p последующего цикла. Максимальный коэффициент корреляции для них находится в пределах 0.6–0.8, а сдвиг S_p относительно ПФ составляет 5–6 лет.

Смена полярности магнитного поля в высоких и низких широтах в 21-м и 22-м циклах солнечной активности

Ихсанов Р.Н., Иванов В.Г.

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

В продолжение исследования широтно-временной эволюции крупномасштабного магнитного поля Солнца (КМПС) с открытыми (фоновыми) и замкнутыми магнитными полями (ЗМП) [1] основное внимание в этой работе уделяется изучению времени смены полярности магнитного поля (м.п.) в высоких и низких широтах на примере 21–22 циклов.

Исходным материалом послужили данные наблюдений фотосферного м.п. Солнца в Стенфордской обсерватории за 1976–1999 годы.

Как было показано в [1, 2], в ходе эволюции м.п. Солнца в 11-летнем цикле можно выделить две фазы: фазу I, охватывающую время подъёма и максимума цикла, и фазу II — период спада и минимума солнечной активности.

В высоких широтах смена полярности происходит во второй половине фазы I, при этом переполюсовка фонового м.п. происходит на 0.5–1.0 года ранее, чем у ЗМП.

В то время, как на низких широтах (ниже 45°) смена полярности КМПС с открытой конфигурацией происходит в начале фазы II, в ЗМП смена полярности м.п. наступает позднее, вместе с началом фазы I следующего цикла, т.е. в ходе эффективного подъёма пятенной составляющей солнечной активности. Таким образом, смена полярности фонового м.п. происходит на 4–6 лет раньше, чем в случае ЗМП.

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

[2] Ихсанов Р.Н., Иванов В.Г. // Изв. ГАО, 2002, № 216, с. 531.

**О влиянии поля скоростей в цилиндрическом
протуберанце на степень вторичной ионизации
кальция в нем**

Калинин А.А.

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

Интенсивности линий лаймановской серии в теле протуберанца определяют степень вторичной ионизации однажды ионизованного кальция и интегральные интенсивности и профили излучаемых протуберанцем спектральных линий Ca II. Исследованы соответствующие зависимости для протуберанца, моделируемого вращающимся и расширяющимся цилиндром.

**Structure of the large active region NOAA 12209 with
RATAN-600 and VLA microwave observations**

*Kaltman T.I.¹, Bastian T.S.², Bogod V.M.¹, Gary D.E.³,
Tokhchukova S.K.¹, White S.⁴, Fleishman G.³, Yasnov L.V.⁵,
Stupishin A.G.⁵, Chen B.⁶*

¹*SAO RAS, Russia e-mail: arles@mail.ru*

²*NRAO, USA*

³*NJIT, USA*

⁴*AFRL, USA*

⁵*SPbSU, Russia*

⁶*CfA, USA*

The observational characteristics of an active region with a big spot are investigated with RATAN-600 scans 3-17.5 GHz and with VLA imaging data 1-8 GHz. The structure of AR 12209 (November, 2014) is analyzed and the flux, sizes and brightness temperature spectra of microwave emission are presented for both right and left polarization.

On the base of the reconstructed magnetic field the microwave emission of AR 12209 is calculated and compared with observational data. The model calculations provide appropriate tools to estimate the effective heights of emission, optical depths of the different gyroresonance levels (1-5) and to draw a 2-D output fine structure of the brightness temperature distributions over the source region. The model calculations are compared with the observational data, and then a fitting of the model parameters is done by several iterations.

This method allows to estimate the values of electron density and temperature of plasma at heights of gyroresonance levels and to receive an atmosphere model of transition region from microwave observations. Some problems associated with inhomogeneous distribution of the parameters of the observed solar plasma and the ability to come up with their realistic model is discussed.

**Исследование характеристик и особенностей
радиоизлучения усиленной хромосферной сетки
Солнца на основе реалистичной МГД модели**

Кальтман Т.И.¹, Кочанов А.А.²

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

² *Институт Солнечно-Земной физики СО РАН, Иркутск
e-mail: kochanov@iszf.irk.ru*

Проведены расчеты поляризованного радиоизлучения характерного участка усиленной хромосферной сетки Солнца в микроволновом диапазоне длин волн 1-18 ГГц. Расчеты выполнены с привлечением реалистичной модели атмосферы Солнца, полученной в рамках МГД кода Bifrost [1, 2]. Модель дает подробное трехмерное распределение параметров плазмы (плотности, температуры, магнитного поля и др.) с учетом фактора времени. На границах супергранул имеется сильное магнитное поле до 2500 Гс. Проведенные расчеты показывают нетривиальную картину формирования радиоизлучения данной области от хромосферных до корональных высот, позволяют оценить относительный вклад теплового тормозного и циклотронного механизмов излучения. Обсуждаются особенности наблюдения подобных солнечных образований на радиотелескопах РАТАН-600 [3] и ССРТ [4].

- [1] Carlsson M., Hansteen V.H., Gudiksen B.V., Leenaarts J., De Pontieu B. // A&A, 2013, in prep.
- [2] Gudiksen B.V., Carlsson M., Hansteen V.H., et al. // A&A, 2011, 531, A154
- [3] Bogod V.M. // Astr. Bull., 2011, V. 66, pp.190–204
- [4] Grechnev V.V., Lesovoi, S.V., Smolkov, G.Y., et al. // Solar Phys., 2003, 216, 239.

Оценка эволюции воздушных масс при разных геомагнитных условиях

Караханян А.А., Молодых С.И.

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

На основе 4-х срочных данных NCEP/NCAR реанализа проведен статистический анализ изменения вертикального профиля температуры в воздушных массах при их перемещении в спокойных и возмущенных геомагнитных условиях. Положение и перемещение воздушных масс определялось по температуре и направлению ветра на уровне 500 гПа. В спокойные геомагнитные дни наблюдается классическое формирование воздушных масс: при своем перемещении теплая воздушная масса день за днем охлаждается, а холодная — прогревается. Во время возмущений происходит смена тенденции в изменении вертикального профиля температуры в теплой воздушной массе. Создаются условия, при которых температура на высотах ниже 500 гПа повышается в теплой воздушной массе, при этом холодная воздушная масса прогревается медленнее. Температурный контраст между воздушными массами сохраняется более длительное время.

Пространственная анизотропия хромосферных вспышек в зоне пятен и векторные диаграммы бабочек в циклах Солнца.

Касинский В.В.

*Иркутский государственный технический
университет, Иркутск, Россия e-mail: kasinsvv@yandex.ru*

Субвспышечная активность представляется хаотичной относительно пятен. Для проверки этого проведен анализ собственных положений вспышек в группах пятен за 4 цикла активности (1935-1976 гг.). Был рассчитан вектор $R(\varphi, t)$, который показывает среднее положение вспышек в системе координат группы пятен на данной широте и фазе цикла t . Векторные диаграммы $R(\varphi, t)$ «широта-время» для циклов N17-20, построенные [1] по данным [2] (около 38000 вспышек) выявляют новые свойства вспышечного процесса. Векторные диаграммы «бабочек» выделяют два типа направлений. Широтное смещение вспышек имеет «центростремительное» направление, указывая на середину диаграммы бабочек на «линию Шперера». Центр векторной диаграммы оказывается выделенным вспышечным

процессом. На линии Шперера $R = 0$ и $R(\varphi, t)$ возрастает по мере удаления групп пятен от центра к периферии «бабочки». В случае внутреннего источника энергии (магнитное поле) распределение вспышек при усреднении по всем вспышкам и классам группам должно быть изотропным $-R(\varphi, t) = 0$. Фактически вектор-диаграмма носит регулярный характер. $R(\varphi, t) > 0$, не равно нулю. Для объяснения широтной диаграммы «бабочки» предполагается, что от эпицентра диаграммы исходят некоторые возмущения, вызывающие вспышки по достижении заданной широты ϕ на периферии диаграммы-бабочки.

Отдельный вопрос — долготная асимметрия вспышек. Для неё характерны противоположные E-W смещения на высоких и низких широтах. Дифференциальное вращение Солнца приводит к тому, что высокоширотные группы будут «отставать», $\delta\phi > 0$, от возмущения, а низкоширотные — упреждать, $\delta\phi < 0$. Противоположные E-W - смещения вспышек интерпретируются как эффект абберации вспышечных возмущений. Угол абберации $tg\beta = \delta V/C$, где C — скорость вспышечного «агента» а δV — разность скоростей групп на широте ϕ и $\phi(o)$ — широта центра «бабочки». По эффекту абберации определена скорость «агента», 1-2 км/с, что характерно для скоростей возбуждения хромосферных волокон [1]. Из сказанного очевидно, что в «королевской зоне» пятен действует некоторый возмущающий «агент». Центральная зона «бабочки» служит источником вспышечного возмущения. Принимая во внимание пространственную анизотропию вспышек — векторные диаграммы — следует допустить, что «магнитные модели» вспышек требуют модификации с учетом внешнего источника энергии (триггера) вспышек.

- [1] Kasinsky V.V. // Astronomical and astrophysical Transactions, The spatial anisotropy of flares with respect to sunspot groups and vector butterfly diagrams in the solar activity cycles 17-20. Gordon and Breach sci.publish. 1999, v 17, issue 5, p. 341 - 350.
- [2] Quarterly Bulletin on Solar Activity, Pub. Eidgen SDternwarte in Zurich, UNESCO, 1935-1976

Вспышечная активность маломассивных поздних звёзд

Кацова М.М.¹, Лившиц М.А.²

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

²Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения
радиоволн им. Н.В.Пушкова(ИЗМИРАН), Троицк, Москва,
e-mail: maliv@mail.ru

Обсуждаются физические процессы и частота мощных вспышек на звёздах спектральных классов F, G, K и M. Рассматриваются импульсные явления, при которых линейчатое и непрерывное излучение возникает в результате отклика хромосферы на импульсный нагрев, в частности, потоками ускоренных электронов. В этой газодинамической модели основным источником линейчатого излучения является свечение водорода в движущейся вниз хромосферной конденсации, иногда сопровождающееся и слабым «синим» континуумом. Новые наблюдения мощных вспышек на красных карликах свидетельствуют о наличии другой компоненты — красного континуума. На КА Кепплер на G карликах обнаружены супервспышки, сопровождающиеся оптическим континуумом на 3 порядка сильнее излучения наиболее мощных белых вспышек на Солнце. Рассматриваются следствия из газодинамической модели, применяемой к объяснению очень мощных звёздных вспышек. Поскольку нагревающий поток ограничен из-за развития обратного тока, площадь непрерывного оптического свечения супервспышек должна достигать площади Нальфа волокон самых больших солнечных вспышек. Дана оценка излучения супервспышек в диапазоне 10-100 ГГц и обращается внимание на возможность генерации ядер лития при ядерных реакциях при пролёте частиц. Обсуждаются максимальные энергии вспышек, которые могут происходить на поздних звездах. Проведено сравнение частоты вспышек на звездах с той, которая наблюдалась близ максимума XXI цикла солнечной активности. Частота вспышек, как и другие индексы активности, определяются основным фактором — осевым вращением. Все M карлики со вспышечной активностью, превышающей солнечное значение близ максимума цикла, имеют период вращения 1 - 5 дней. При этом относительная площадь, занимаемая пятнами, оказывается достаточно большой, и поэтому вспышки на некоторых M звёздах происходят часто. Но супервспышки происходят на них гораздо реже, чем на быстро вращающихся G звёздах, и их энергия на M звёздах не может превосходить 10^{34} эрг, той, которая по-видимому характерна для молодого Солнца, когда его возраст был около 1 миллиарда лет.

Цикл солнечной активности по наблюдениям магнитных характеристик протуберанцев

Ким И.С., Алексеева И.В., Попов В.В., Суюнова Э.З.

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

До настоящего времени синоптические наблюдения протуберанцев ограничены получением традиционных изображений: двумерных распределений I -параметра Стокса. Измерения магнитных полей, определяющих формирование, устойчивость и эрупцию протуберанцев, проводятся эпизодически вследствие технических сложностей регистрации "слабых" магнитных полей. Представленные нами измерения продольного поля (измерения круговой поляризации, I и V параметры Стокса) имеют максимум на фазе спада цикла солнечных пятен, что противоречит "широкополосному" анализу эффекта Ханле (измерениям линейной поляризации, I , Q , U параметры Стокса), выполненному французскими исследователями. Разработка прецизионного метода измерения линейной поляризации и успехи развития технологии тонких пленок позволяют рассмотреть возможности синоптических наблюдений поляризационных (магнитных) характеристик протуберанцев. По материалам "затменной" широкополосной линейной поляриметрии протуберанцев оцениваются допустимый уровень инструментального фона и основные параметры питающей оптики (телескопа), параметры анализатора линейной поляризации и характеристики узкополосных фильтров, необходимые для "внезатменных" синоптических наблюдений.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №14-02-01225 а.

Results from Langmuir Probe measurements aboard the International Space Station

***Kirov B.¹, Asenovski S., Georgieva K.¹, Bachvarov D.,
Boneva A., Klimov S., Grushin V.***

¹*Space and Solar-Terrestrial Research Institute of Bulgarian Academy of
Sciences, Sofia, Bulgaria*

The Langmuir probe is a classical instrument for plasma diagnostics, and among the first ones for in situ measurements of thermal plasma in the near-Earth environment. The parameters measured by Langmuir probes are the electron and ion concentrations N_e and N_i , the electron temperature T_e , and the satellite body potential U_s .

In this paper the Langmuir probes are described included in "Obstanovka" experiment aboard the International Space Station which has been operating since April 2013. One of the main goals of this experiment is to study the surface charging of super-big objects like the International Space Station. Here we demonstrate how the various factors in the near-Earth space affect the surface charging of the International Space Station.

Хаотичность и детерминизм в динамике солнечной и геомагнитной активности

Киселев Б.В.

*ИЗМИРАН, Санкт-Петербургский филиал, С.-Петербург,
e-mail: kiselev_bv@mail.ru*

С позиции обобщенного броуновского движения исследуется динамика солнечной и геомагнитной активности. Объектом исследования выступают различные индексы солнечной и геомагнитной активности Dst-индекс, aa-индекс, число солнечных пятен и другие. 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 и топология R/S-графиков.

Меридиональная циркуляция на Солнце и звездах

Кичатинов Л.Л.^{1,2}

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

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

Глобальное меридиональное течение в конвективной оболочке Солнца важно для динамо. Течение к полюсам вблизи поверхности влияет на широтную миграцию полоидальных полей и смену знака полярного магнитного поля. Течение к экватору у основания конвективной зоны важно для объяснения наблюдаемой миграции активности к экватору. Теория объясняет меридиональную циркуляцию действием центробежных и бароклинных сил. Каждая из этих сил в отдельности могла бы привести к меридиональному течению со скоростью порядка километра в секунду, однако, они почти уравнивают друг друга, и медленная меридиональная циркуляция (~ 10 м/с) возникает в результате слабого отклонения от равновесия Тэйлора-Пraudмана. Случайные флуктуации в солнечной конвекции приводят к нерегулярным малым отклонениям от равновесия, что дает относительно большие флуктуации в меридиональном течении. Возможно, с этим связаны обнаруживаемые сейсмологией нерегулярные изменения меридионального течения с глубиной и широтой в конвективной оболочке. Среднее меридиональное течение имеет наибольшую величину в пограничных слоях вблизи поверхности и у основания конвективной зоны. Такая концентрация в пограничных слоях возрастает с увеличением скорости вращения звезды. Распределенная циркуляция в медленно вращающихся звездах приводит к «анти-солнечному» дифференциальному вращению с относительно медленно вращающимся экватором.

Насыщение магнитной активности быстро вращающихся звезд

Кичатинов Л.Л.^{1,2}, Олемской С.В.¹

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

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

Магнитная активность звезд солнечного типа возрастает со скоростью вращения. Однако при достаточно быстром вращении такое возрастание прекращается. Это обстоятельство называют насыщением магнитной активности. Его можно объяснить особенностями механизма Бэбкока-Лейтона генерации магнитных полей. Данный механизм связан с конечным углом наклона (tilt-angle) активных областей и его эффективность пропорциональна синусу этого угла. Конечные углы наклона объясняют действием силы Кориолиса на всплывающие из недр Солнца магнитные структуры. Поэтому можно ожидать, что углы наклона возрастают с увеличением скорости вращения звезды, а вместе с ними повышается эффективность динамо и возрастает результирующая магнитная активность. Однако такое возрастание прекратится с приближением угла наклона к 90° . Этим, возможно, объясняется наблюдаемое насыщение магнитной активности быстро вращающихся звезд.

Для проверки этих соображений развита модель динамо, углы наклона в которой пропорциональны скорости вращения звезды. Модель показывает насыщение генерируемого магнитного потока при тех же скоростях вращения, для которых наблюдения отмечают насыщение магнитной активности. Модель также предсказывает, что циклы активности, подобные солнечному, имеются только для достаточно медленно вращающихся звезд.

Диагностика циклической компоненты временного ряда

Князева И.С.¹, Уртъев Ф.А.¹, Наговицын Ю.А.¹

¹ ГАО РАН, Санкт-Петербург, e-mail: iknyazeva@gmail.ru

Выявление детерминированной компоненты из временных рядов загрязненных шумами представляет собой задачу, которая часто встречается при моделировании климатических изменений, выделении гелио-обусловленного сигнала в проблеме солнечно-земных связей и анализе хаотической динамики солнечной активности. В последнем случае, предположение о существовании странного аттрактора влечет поиск его основных составляющих — рекуррентных орбит. Даже в случае, когда ищется предполагаемый период, шумы произвольной природы затрудняют выбор оптимального фильтра. Для наиболее простой, но эффективной процедуры суммирования пробных периодов обычно не хватает длины ряда.

В данной статье мы описываем метод, основанный на комбинации топологического вложения ряда в евклидово пространство заданной размерности и метода выделения персистентного цикла с помощью вычислительной топологии [1]. Техника диагностики состоит из двух шагов. На первом, из отсчетов временного ряда строится лифт выбранной размерности, используя алгоритм Такенса и скользящее окно. Полученный многомерный образ нормируется на единичную сферу. Второй шаг состоит в построении нерва покрытия полученного облака точек. В случае присутствия циклической компоненты, нерв содержит нетривиальную персистентную группу одномерных гомотопий, т.е. цикл. Значимость полученного цикла оценивается в рамках подходящей статистики Колмогорова-Смирнова. Мы демонстрируем метод на примерах некоторых гелио-обусловленных рядов.

- [1] Perea J.A., Harer J. // Foundations of Computational Mathematics, 2015, v.15(3), p.798.

Режимы нагрева с обострением и расслоение магнитных трубок во время солнечных вспышек

Ковалев В.А.

*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения
радиоволн им. Н.В.Пушкова РАН (ИЗМИРАН), Троицк, Москва,
142190, e-mail: vic.kov@yandex.ru*

Как следует из рентгеновских наблюдений вспышек, быстрый нагрев плазмы (с уменьшением временного масштаба) на ранней фазе вспышки сопровождается быстрым «уменьшением» меры эмиссии. При отсутствии реального изменения объемной меры эмиссии причиной обсуждаемого эффекта может быть уменьшение фактора заполнения вспышечного объема горячей плазмой в результате формирования температурных структур с уменьшающейся полушириной. Математическое исследование проведено на базе модели, основанной на решениях нелинейного уравнения теплопроводности, модифицированного к условиям в магнитных трубках на Солнце. При определенных параметрах возникают решения, описывающие температурные структуры с уменьшающейся полушириной, то есть, с уменьшением фактора заполнения в режиме с обострением (по гиперболическому закону). Наиболее благоприятные условия для формирования таких структур возникают в поперечном сечении коллапсирующей магнитной ловушки. Начальным условием (фоном) для задачи является стационарное распределение в виде стоячих температурных волн с характерным масштабом, определяемым ионной теплопроводностью поперек магнитного поля (порядка 10–100 м). Структуры, развивающиеся в режиме с обострением, возникают при некоторых сверхкритических возмущениях температурного фона. Таким образом, наблюдаемое «уменьшение» меры эмиссии свидетельствует о температурном расслоении магнитной трубки в поперечном сечении.

**Нелинейные автоколебания токового слоя,
образованного плазменной неустойчивостью слияния
магнитных островов**

Колотков Д.Ю., Накаряков В.М., Роуландс Дж.

*University of Warwick, Coventry, UK
e-mail: D.Kolotkov@warwick.ac.uk.*

В работе аналитически развита нелинейная 1D модель автоколебаний токовых слоев (ТС), предложенная в [1]. Механизм автоколебаний ТС основан на балансе плазменной неустойчивости слияния магнитных островов и градиента теплового давления плазмы, выступающего в роли возвращающей силы. Данный механизм может быть применен в короне для сталкивающихся магнитных петель с током, что, в свою очередь, приводит к наблюдаемым квазипериодическим пульсациям электромагнитного излучения. В [1] данный процесс описан с помощью 1.5D уравнений двухжидкостной МГД, учитывающих такие высокочастотные эффекты, как электронная инерция и конечные значения электронной и ионной плазменных частот. Авторы [1] рассмотрели аналитическое решение задачи только для предельного случая, считая плазму всегда квазинейтральной, без локального разделения электрических зарядов. Подобный подход оправдан и широко применяется для низкочастотных идеальных МГД процессов, однако, на рассмотренных в модели масштабах эффекты, вызванные локальной неоднородностью плотности зарядов, могут иметь решающее значение. Другой недостаток решения в [1] в том, что осцилляторное поведение ТС в нем возможно только при значениях адиабатического индекса γ , сильно нехарактерных для типичных условий корональной плазмы.

В данной работе мы получили аналитическое решение для модели, описанной в [1], включая в рассмотрение эффекты, связанные с локальным разделением электрических зарядов. Найденное решение показывает, что ТС, образованный плазменной неустойчивостью слияния, может осциллировать при $\gamma = 5/3$, типичном для условий корональной плазмы, и плазменном $\beta > 1$ с характерными периодами несколько миллисекунд. Также полученное решение позволяет записать строгое условие наличия автоколебаний в системе, ограничивающее предложенную модель только для тонких слоев в короне с характерными поперечными размерами порядка длины Дебая.

[1] Tajima T., et al. // *Astrophys. J.*, 1987, v. 321, p. 1031.

Активные долготы в эпоху наложения 11-летних циклов солнечной активности

Крамынин А.П., Михалина Ф.А.

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

По данным о солнечных пятнах 1874-2013 гг. исследовано долготное распределение солнечной активности в эпоху наложения 11-летних циклов отдельно для северного и южного полушарий Солнца.

Показано, что «активные долготы» для пятен старого цикла и нового проявляются, примерно, в одних тех же долготных интервалах, сохраняются несколько 11-летних циклов исчезают и вновь возникают.

Вариации радиации Солнца в цикле его активности: отклик параметров атмосферы Земли (численное моделирование)

Криволицкий А.А.

*Центральная аэрологическая обсерватория (ЦАО) Росгидромета,
г. Долгопрудный М.о., e-mail: alexei.krivolutsky@rambler.ru*

Современные численные модели, описывающие глобальную циркуляцию и химический состав земной атмосферы, позволяют получить количественные оценки изменений в атмосфере Земли, вызванные активностью Солнца. Атмосфера выше тропопаузы чувствительна как к вариациям ультрафиолетовой (УФ) солнечной радиации, так и к воздействиям корпускулярных потоков, попадающих в полярные области во время протонных вспышек на Солнце. Ключевую роль в формировании отклика атмосферы играет озон, являющийся, как известно, радиационно-активным газом, поглощающим практически полностью (наряду с молекулярным кислородом) УФ радиацию Солнца и формирующим глобальное распределение температуры (и ветра) на высотах выше тропопаузы.

В докладе представлены результаты численного моделирования отклика параметров атмосферы на вариации УФ радиации и протонных вспышек Солнце. При реализации численных сценариев использованы

глобальные численные модели, разработанные в Лаборатории химии и динамики атмосферы ЦАО [1, 2, 3].

- [1] Криволуцкий А.А., Вьюшкова Т.Ю., Черепанова Л.А., Куколева А.А., Репнев А.И., Банин М.В. Трехмерная глобальная фотохимическая модель CHARM. Учет вклада солнечной активности. // Геомагнетизм и аэронавигация, том 55, № 1, 2015.
- [2] Криволуцкий А.А., Черепанова Л.А., Вьюшкова Т.Ю., Репнев А.И. Трехмерная глобальная численная фотохимическая модель CHARM-I. Учет процессов в области D-ионосферы. // Геомагнетизм и аэронавигация, том 55, № 4, 2015.
- [3] Криволуцкий А.А., Черепанова Л.А., Дементьева А.В., Репнев А.И., Ключникова А.В. Моделирование глобальной циркуляции атмосферы Земли на высотах от 0 до 135 км, рассчитанная с помощью модели ARM. Учет процессов солнечной активности. // Геомагнетизм и аэронавигация, том 55, № 6, 2015.

**Чувствительность температуры нижней атмосферы
к изменениям потоков УФ радиации Солнца: численное
моделирование и анализ данных наблюдений**

Криволуцкий А.А., Дементьева А.В., Черепанова Л.А.

*Центральная аэрологическая обсерватория (ЦАО) Росгидромета,
г. Долгопрудный М.о., e-mail: alexei.krivolutsky@rambler.ru*

Исследован отклик температуры на вариации интенсивности потоков УФ радиации Солнца в цикле его активности. Для исследования возможного эффекта была использована модель общей циркуляции ARM [1]. Был также проведен анализ данных наблюдений для предварительного сравнения с результатами моделирования. При реализации численного сценария в модель были заложены изменения интенсивности УФ радиации по спектру, соответствующие «среднему» циклу активности Солнца, на основе опубликованных данных измерений со спутников. На нижней границе модели задавались возмущения геопотенциала в соответствии с

эмпирическими данными. Проведено интегрирование модели для условий максимума и минимума солнечной активности, рассчитаны среднемесячные поля температуры для месяцев года, затем найдена соответствующая разность значений температурных полей. Расчеты показали, что отклик температуры на высотах тропосферы имеет волновой характер с амплитудой несколько градусов К. Также волнообразная структура была выявлена при анализе эмпирических температурных данных, предоставляемых Earth System Research Laboratory (NOAA, Colorado, USA, <http://www.esrl.noaa.gov/psd/>). Работу по сравнению результатов моделирования с наблюдениями предполагается продолжить.

- [1] Криволицкий А.А., Черепанова Л.А., Дементьева А.В., Репнев А.И., Ключникова А.В. Моделирование глобальной циркуляции атмосферы Земли на высотах от 0 до 135 км, рассчитанная с помощью модели ARM. Учет процессов солнечной активности. // Геомагнетизм и аэронавигация, том 55, № 6, 2015.

**Воздействие вариаций УФ радиации в цикле
активности Солнца на сезонное распределение
нейтральных и заряженных химических составляющих
атмосферы Земли (трехмерное моделирование)**

***Криволицкий А.А., Черепанова Л.А., Куколева А.А.,
Вьюшкова Т.Ю., Репнев А.И.***

*Центральная аэрологическая обсерватория (ЦАО) Росгидромета,
г. Долгопрудный М.о., e-mail: alexei.krivolitsky@rambler.ru*

Представлены результаты трехмерного фотохимического моделирования изменений сезонных глобальных распределений нейтральных (озон, окислы азота и др.) и заряженных (электронная концентрация, отрицательные и положительные ионы) химических составляющих атмосферы Земли в цикле активности Солнца. Для реализации численных сценариев использована глобальная трехмерная фотохимическая модель CHARM-I (CHemical Atmospheric Research Model with Ions), включающая ионную химию области D нижней ионосферы. Модель разработана в Лаборатории химии и динамики атмосферы ЦАО для диапазона высот 0-90 км [1]. Для расчетов скоростей диссоциации и учета солнечной цикличности были использованы потоки УФ радиации в диапазоне длин волн 100-400 нм, взятые из литературных источников. Была учтена ионизация окиси азота излучением в линии Лайман-альфа, а также ионизация галактическими

космическими лучами. Представлены результаты, демонстрирующие различие глобальных распределений нейтральных и заряженных в различные сезоны в максимуме и минимуме активности Солнца.

- [1] Криволицкий А.А., Черепанова Л.А., Вьюшкова Т.Ю., Репнев А.И. Трехмерная глобальная численная фотохимическая модель CHARM-I. Учет процессов в области D-ионосферы. // Геомагнетизм и аэрономия, том 55, № 4, 2015.

Угловое распределение ленгмюровских плазмонов при учете их рассеяния на ионах плазмы

Кудрявцев И.В.^{1,2}

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

² *ГАО РАН, С.-Петербург*

К настоящему времени имеется большое количество теоретических работ посвященных распространению в солнечной плазме ускоренных во время вспышек электронов. В ряде этих работ учитываются не только кулоновские столкновения, но и взаимодействие быстрых электронов с генерируемыми в плазме волнами. При этом, при рассмотрении кинетики распространения ускоренных во время солнечных вспышек электронов используют приближение одномерной турбулентности и пренебрегают эффектами, приводящими к её изотропизации. Такой тип турбулентности не может реализоваться в реальном случае. Ленгмюровские волны могут генерироваться не только в одном направлении. Кроме этого, рассеяние плазмонов на частицах плазмы приводит к трансформации не только их спектра, но и их углового распределения. В докладе рассматривается влияние рассеяния ленгмюровских плазмонов ионами плазмы на их угловое распределение.

**Реконструкция содержания космогенного изотопа ^{14}C
в природных архивах, его скорости генерации
и вариации климатических параметров в эпоху
окончания последнего ледникового периода**

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

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

² ГАО РАН, С.-Петербург

При реконструкции солнечной активности (СА) в прошлые эпохи, для которых отсутствуют прямые наблюдения, часто используются данные по содержанию космогенного изотопа ^{14}C в кольцах деревьев, полученные в результате лабораторных измерений. Однако эти данные несут информацию не только о вариациях СА, но и об изменениях климатических параметров Земли, например, глобальной температуры и содержания CO_2 в земной атмосфере. В работе мы рассматриваем влияние этих изменений на содержание изотопа ^{14}C в различных природных резервуарах и реконструируем скорость генерации этого изотопа в атмосфере в эпоху окончания последнего ледникового периода (которое началось ~ 20 тысяч лет назад) и до Голоцена (последние ~ 11 тысяч лет). Рассмотренный временной интервал 17000-10000 лет до нашей эры для нас интересен тем, что в течение его произошло увеличение глобальной температуры на $\approx 2^\circ\text{C}$, что привело к таянию ледников, и увеличилось содержание CO_2 в атмосфере с 188 до 243ppm. При этом, несмотря на уменьшение $\Delta^{14}\text{C}$ с 36‰ до 19.7‰, абсолютное содержание этого изотопа в атмосфере увеличивается на 13%, и эти изменения превышают изменения, вызываемые вариациями СА. Причиной этих изменений абсолютного содержания радиоуглерода является его перераспределение между природными резервуарами. В докладе приводятся результаты расчетов данных процессов, и показано, что такое перераспределение возможно только в случае зависимости скорости обмена углеродом между океаном и атмосферой от температуры. Получены допустимые значения соответствующего температурного коэффициента для избранного временного интервала. Получен временной профиль скорости генерации изотопа ^{14}C в атмосфере Земли.

**Поляризация жесткого рентгеновского излучения
при длительной и импульсной инжекции
релятивистских электронов во вспышечную петлю**

Кудрявцев И.В.^{1,2}, Мельников В.Ф.², Чариков Ю.Е.^{1,3}

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

² ГАО РАН, С.-Петербург

³ СПбГПУ, С.-Петербург

Короткие (импульсные) и длительные (плавные) всплески жесткого рентгеновского излучения (ЖРИ) солнечных вспышек давно привлекают к себе внимание из-за существенных отличий в эволюции спектра фотонов, в соотношении интенсивностей ЖРИ и микроволнового излучения, а также из-за отличий в величинах задержек максимумов интенсивности на разных энергиях фотонов. В ряде работ эти отличия объясняются различием в механизмах ускорения электронов. В данной работе проведено сравнение свойств поляризации ЖРИ импульсных и плавных вспышек на основе теоретического анализа их излучений. Численное моделирование проведено для: 1) «импульсной» инжекции, длительностью несколько секунд, и 2) непрерывной с инжекцией несколько десятков секунд. В последнем случае можно говорить о «квазистационарном» режиме изменения угловой зависимости надтепловых электронов. Рассматриваются различные случаи угловой зависимости инжектируемых электронов. Для получения параметров ЖРИ используется релятивистское сечение тормозного излучения и производится решение нестационарного релятивистского кинетического уравнения для быстрых электронов. Обсуждаются различия динамики степени поляризации. Так, например, в случае «импульсной» инжекции степень поляризации быстро спадает после достижения максимума интенсивности инжектируемых электронов, что обусловлено изотропизацией быстрых электронов при их рассеянии на частицах фоновой плазмы. В случае длительной инжекции высокие значения (25 – 50%) степени поляризации держатся десятки секунд после достижения максимума интенсивности и могут быть экспериментально зарегистрированы уже в настоящее время. Это обусловлено сохранением углового распределения электронов в магнитной петле в течение десятков секунд.

Спиральные свойства солнечных волокон

Кузанын К.М.¹, Тлатов А.Г.², Васильева В.В.²

¹ИЗМИРАН, Троицк, e-mail: kuzanyan@gmail.com

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

Мы изучаем глобальную структуру солнечного магнитного поля, проявляющуюся в топологии магнитных нейтральных линий. В качестве наблюдательного трассера мы используем солнечные волокна, которые мы выделили по оцифрованным синоптическим картам H-альфа, полученным в обсерваториях Мюдон и Кисловодской ГАС ГАО РАН за период с 1919 по настоящее время. Ранее в наших работах мы показали, что составленный нами сводный ряд данных по волокнам систематичен, и может быть использован в качестве единой меры солнечного цикла на протяжении столетнего периода наблюдений.

Для каждого волокна мы определили его средний наклон, и показали, что по наклону волокон можно судить как об экваториальной, так и о полярной ветвях солнечного цикла, а также выделили три типа волокон в зависимости от их широтного расположения и наклона: волокна активных областей, диффузных магнитных образований и полярные волокна. Важность данного исследования в том, что вновь полученный трассер солнечного цикла (в отличие, скажем, от солнечных пятен) охватывает все широты. В дальнейшем исследовании мы выделили кривизну волокон как количественную меру закрутки крупномасштабных магнитных полей, и изучили поведение ее в цикле активности, а также распределение по широтам.

Ранее в совместных работах с китайскими коллегами [1] была получена новая картина солнечного цикла с учетом как динамики магнитного поля, так и токовой спиральности, меры закрутки самого поля. Мы указываем на связь закрутки солнечных волокон и крупномасштабной спиральности солнечных магнитных полей. Мы показываем, как вновь полученные количественные характеристики дополняют общую картину солнечного цикла с учетом изменения спиральности.

- [1] Zhang H.I, Sakurai T., Pevtsov A., Gao Yu, Xu H., Sokoloff D. D., Kuzanyan K.//MNRAS, 2010, v. 402L, p 30.

Космическая миссия Интергелиозонд для изучения Солнца и гелиосферы

Кузнецов В.Д.¹, Зеленый Л.М.², Зимовец И.В.² и команда Интергелиозонда

¹ *Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова Российской академии наук, Троицк, Москва, Россия*

² *Институт космических исследований Российской академии наук, Москва, Россия, e-mail: ivanzim@iki.rssi.ru*

Цель космической миссии Интергелиозонд — исследовать внутреннюю гелиосферу и Солнце с близких расстояний (до 0.3 а.е.) и из внеэклиптических положений (до 30°). Дается основная информация о миссии — основные научные цели и задачи, краткое описание комплекса научной аппаратуры, особенностей космического аппарата, баллистического сценария и возможных орбит. Кратко обсуждается возможная научная кооперация с другими планируемыми солнечными и гелиосферными миссиями.

Исследование пространственной динамики источников квазипериодических пульсаций жесткого рентгеновского излучения солнечных вспышек

Кузнецов С.А.^{1,2}, Моргачев А.С.^{1,2}, Зимовец И.В.³, Мельников В.Ф.², Контарь Э.П.⁴

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

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

³ *Институт космических исследований РАН, Москва, Россия*

⁴ *Университет Глазго, Глазго, Шотландия*

На сегодняшний день накоплен существенный ряд свидетельств «однопетлевых» микроволновых солнечных вспышек с квазипериодическими пульсациями (КПП), интерпретируемых с помощью моделей осциллирующих петель [1]. Однако, при использовании данных наблюдений с высоким пространственным разрешением (TRACE, EIT/SOHO, AIA/SDO) было обнаружено, что, на самом деле, эти солнечные вспышки могут протекать в аркадах, состоящих из множества отдельных петель [2]. При этом

различные пульсации могут испускаться из различных петель. Для интерпретации таких событий было предложено несколько моделей. Однако пока что статистики наблюдений абсолютно не хватает, чтобы делать какие-то серьезные и однозначные выводы в пользу той или иной модели. Данная работа направлена на проведение статистического исследования для более полного понимания физических механизмов, вызывающих квазипериодические пульсации жесткого рентгеновского и микроволнового излучения солнечных вспышек.

В рамках поставленной цели составлен каталог событий по данным наблюдений космического аппарата RHESSI и солнечного радиогелиографа Нобеяма (NoRH) за 2002-2015 гг. Произведен анализ пространственной динамики источников жесткого рентгеновского и микроволнового излучения солнечных вспышек по отношению к линии инверсии магнитного поля. Для определения магнитных конфигураций вспышечных областей были использованы карты распределений магнитного поля по данным наблюдений SOHO/MDI и SDO/HMI. Для получения более четкой, детализированной структуры корональных магнитных петель использовались данные наблюдений в ЭУФ диапазоне космических телескопов TRACE, EIT/SOHO в интервале времени 2002-2010 гг. и AIA/SDO в интервале времени 2010-2015 гг. В результате проведена классификация событий в зависимости от характера динамики источников излучения по отношению к линии инверсии магнитного поля. Показаны события, в которых происходит движение источников жесткого рентгеновского излучения вдоль линии инверсии, обусловленное последовательным вовлечением во вспышечный процесс новых вспышечных петель аркады. Дается обсуждение адекватности существующих моделей квазипериодических пульсаций солнечных вспышек.

- [1] Kupriyanova E.G., Melnikov V.F., Nakariakov V.M., Shibasaki K. // Types of Microwave Quasi-Periodic Pulsations in Single Flaring Loops, Solar Physics, 2010, V. 267, p. 329-342.
- [2] Зимовец И.В., Кузнецов С.А., Струминский А.Б. // Тонкая структура источников квазипериодических пульсаций «однопетлевых» солнечных вспышек, ПАЖ, 2013, том 39, № 4, с. 297-309.

**Изменение солнечной активности на основе данных
по содержанию космогенного изотопа ^{14}C во время
малого ледникового периода**

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

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

² ФТИ им. А.Ф.Иоффе, С.-Петербург,
e-mail: igor.koudriavtsev@mail.ioffe.ru

Данные по содержанию космогенного изотопа ^{14}C в кольцах деревьев позволяют изучать вариации солнечной активности в прошлые эпохи. Вариации активности Солнца приводят к изменениям межпланетного магнитного поля и, как следствие, к вариациям интенсивности галактических космических лучей (ГКЛ), под действием которых в атмосфере Земли образуются изотопы ^{14}C . Это дает возможность реконструировать скорость генерации в атмосфере этого изотопа и активность Солнца в прошлом. Однако на этом пути возникает ряд трудностей, так как климатические изменения могут исказить эти данные. Причиной этого является то, что после образования в атмосфере изотопы ^{14}C участвуют в обмене между природными резервуарами. Изменения климата приводят к перераспределению изотопов углерода между атмосферой, океаном, биосферой, гумусом, и это будет в отражаться в данных по содержанию ^{14}C в древесных кольцах. Поэтому для проведения корректной процедуры восстановления активности Солнца в прошлые эпохи необходимо учитывать влияние климата. В работе рассматривается данное влияние на временном интервале с конца 14 века по начало 19-го, который включает в себя как минимумы солнечной активности Шпёрера, Маундера, Дальтона, так и Малый Ледниковый Период. Приводятся результаты реконструкций активности Солнца для данного временного интервала.

**Спектрально-поляризационные наблюдения солнечного
затмения 20.03.2015 г. на радиотелескопах РАТАН-600
и БПР (динамика и характеристики активных
областей)**

***Курочкин Е.А.¹, Венгер А.П.¹, Коржавин А.Н.¹,
Петерова Н.Г.¹, Стороженко А.А.¹, Топчило Н.А.²,
Шендрик А.В.¹***

¹ *Специальная астрофизическая обсерватория РАН,
e-mail: e.kurok@mail.ru*

² *Санкт-Петербургский государственный университет, Россия*

Приведены первые результаты наблюдений микроволнового излучения Солнца во время затмения 20.03.2015 г. (фаза $\sim 0.4-0.8$), а также до и после него — в период (13-25).03.2015 г. Наблюдения выполнены с помощью БПР (5 см) и РАТАН-600 (1.7–10 см, частотное разрешение $\sim 1\%$) в режиме квазислежения за Солнцем.

Получены спектры потоков и степени поляризации радиоизлучения локальных источников над активными областями различной морфологии и структуры магнитного поля: (1) униполярного пятна в NOAA 12303 и (2) сложного комплекса из двух групп пятен NOAA 12297+12301, породившего несколько мощных вспышек (класса X и M). Наиболее ценным результатом наблюдений является динамика характеристик радиоизлучения активной области NOAA 12297. Анализ этой динамики позволяет уточнить критерий Танака-Эноме [1], используемый как метод прогнозирования вспышечной активности Солнца по наблюдениям на радиотелескопе РАТАН-600, результаты которого ежедневно публикуются на сайте Радиоастрономического центра прогноза солнечной активности САО РАН (<http://www.spbf.sao.ru/prognoz>) [2]. Кроме динамики проанализирована и структура источника микроволнового излучения, лежащего над NOAA 12297, с целью поиска областей, дающих избыток коротковолнового излучения, что важно для понимания физических основ критерия Танака-Эноме.

[1] Tanaka H., Enome S. // 1975, Solar Phys., v.40, p.123.

[2] Tokhchukova S.Kh. et al. // 40th COSPAR Scientific Assembly. Held 2-10 August 2014, in Moscow, Russia, Abstract E2.1-20-14.

О принципах описания нулевых точек высших порядков магнитного поля в пространстве

Лукашенко А.Т.

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

Нули 1-го порядка магнитного поля неоднократно рассматривались в литературе ранее (см, например, [1]). Описание нулей 2-го и высших порядков существенно сложнее, однако может быть упрощено за счет выбора базисных функций [2], а также путем решения следующей задачи на собственные значения:

$$B_i = \lambda |\mathbf{R}|^{p-1} R_i,$$

где

$$B_i = \frac{1}{p!} T_{ij_1 \dots j_p} R_{j_1} \dots R_{j_p},$$

p — порядок нуля, индексы пробегает номера декартовых координат, $\mathbf{R}$ — радиус-вектор, $\mathbf{B}$ — индукция, а тензор постоянных коэффициентов для поля с потенциалом U :

$$T_{ij_1 \dots j_p} = \frac{\partial^{p+1} U}{\partial x_i \partial x_{j_1} \dots \partial x_{j_p}}.$$

Задача для непотенциального поля ставится аналогично. Дальнейший анализ заключается в рассмотрении асимптотического поведения линий поля вблизи лучей (реперов), направленных по найденным собственным векторам. У нулевых точек 1-го порядка потенциального поля может иметься либо 6 реперов, либо континуум. Показано, что у нулей 2-го порядка, соответственно, может быть до 14-ти реперов (в случае конечного числа последних).

Проведенный анализ может быть полезен при рассмотрении процессов магнитного пересоединения на Солнце и в гелиосфере.

- [1] Parnell C.E., Smith J.M., Neukirch T., Priest E.R. // Phys. Plasmas, 1996, v. 3, p. 759.
- [2] Лукашенко А.Т., Веселовский И.С. // Труды конференции «Солнечная и солнечно-земная физика-2014», Санкт-Петербург, 2014, с. 263.

Хаотическое поведение линий магнитного поля вблизи простейших токовых систем

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

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

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

Зачастую принято думать, что линии магнитного поля замкнуты. Незамкнутые линии представляются исключительными и особыми на основе известных простых примеров. Однако численные расчеты и аналитические исследования в ряде случаев показывают обратное. Мощность множества незамкнутых линий, при отсутствии явной или скрытой симметрии, эквивалентна континууму, тогда как замкнутые линии составляют всего лишь счетное множество даже для несложных токовых систем. Впервые это было показано И.Е. Таммом [1] на примере линейного проводника с кольцевым током вокруг него при аксиальной симметрии.

Список полей простых токовых систем со сложным поведением линий магнитного поля может быть расширен. В частности, нами была подробно исследована геометрия линий поля, создаваемого двумя сцепленными токовыми кольцами. Результаты демонстрируют наличие счетного набора простых замкнутых периодических линий, вблизи которых существуют незамкнутые в пространстве линии с неустойчивым и хаотическим поведением.

Обсуждается возможное практическое значение математически точных топологических конструкций того или иного вида в исследованиях магнитных полей на Солнце и в гелиосфере, а также в лабораторных и модельных экспериментах в связи с движением частиц в регулярных и хаотических полях.

[1] Тамм И.Е., «Основы теории электричества», М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003.

Редактирование магнитограмм Активных Областей методами дискретной теории Морса

Макаренко Н.Г.¹, Пак Д.О.¹, Алексеев В.И.²

¹ ГАО РАН, Санкт-Петербург, e-mail: ng-makar@mail.ru

² Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова,
e-mail: thekindbeetle@gmail.com

Структура магнитного поля в магнитограммах Активных Областей слишком сложна для построения физических моделей. Вклад пятен, составляющих АО, в топологию паттерна пренебрежимо мал, по сравнению с окружающим фоном, в который «погружены» пятна. Для биполярного поля трудно построить корректную процедуру фильтрации малых значений напряженности. В данной работе предлагается процедура топологического редактирования поля. Она основана на дискретном варианте теории Морса. Критические точки 2D скалярного поля различаются индексами – числом отрицательных собственных значений гессиана. Так, минимум имеет нулевой индекс. Для седловых точек индекс равен единице, а для максимумов поля он совпадает с размерностью носителя. Индексам сопоставляется симплициальная структура, например триангуляция, так что минимумы помещаются в вершины, седла — в ребра, а максимумы, в грани триангуляции. После этого можно построить дискретное градиентное (векторное) поле, состоящее из восходящих и нисходящих интегральных линий. Если их пересечения трансверсальны, то мы получим клетки Морса-Смейла. Каждая клетка содержит максимум, минимум поля и пару седловых точек. Редактирование или упрощение сводится к исключению персистентных пар «седло-минимум» или «седло – максимум». Глобальная топология поля при этом сохраняется. Мы демонстрируем эту технику на примерах SDO/HMI магнитограмм.

Большие диффеоморфизмы магнитограмм и эволюционные модели АО

Макаренко Н.Г.¹, Преображенский И.Г.², Алексеев В.В.²

¹ ГАО РАН, Санкт-Петербург, e-mail: ng-makar@mail.ru

² ЯрГУ, Ярославль, e-mail: preobrazenskii@gmail.com

В 1917 г. шотландский зоолог Д'Арси Томпсон предположил, что близкие биологические виды должны быть связаны гладкими преобразованиями. Иными словами, для двух близких форм можно найти гладкое

дифференцируемое векторное поле (диффеоморфизм), посредством которого одна форма трансформируется в другую нелинейной деформацией координат. Эта идея оказалась чрезвычайно полезной для сравнения серии изображений. Обычное «по-пиксельное» усреднение зависит от взаимной ориентации и практически бессмысленно. В этой ситуации можно использовать усреднение по Фреше, когда среднее получается минимизацией дисперсии, заданной в форме некоторого функционала, например энергии Дирихле. Функционал содержит обычно, разность двух изображений, оригинала и мишени, которая содержит искомый диффеоморфизм. Расстояние вычисляется в вариационной метрике, а сам диффеоморфизм удобно задать в форме оператора Стокса, известного из численной гидродинамики. Такой подход широко используется в вычислительной анатомии для получения типичных рентгенограмм легких или томограмм мозга. Применение его к временной последовательности магнитнограмм позволило бы получить (а) динамическую модель магнитного поля на компакте, непосредственно из наблюдений, в форме деформационных шаблонов векторного поля и (б) оценить долю детерминизма в наблюдаемой динамике при сравнении ее с гладкой моделью.

Основной трудностью, в отличие от медицинских изображений, является здесь нарушение связности оригинала и мишени. Действительно, эволюции АО сопровождается появлением и исчезновением фрагментов разной полярности. Очевидно, что эти процессы нарушают условие непрерывности для построения диффеоморфизма. В данной работе мы обсуждаем эту проблему и приводим первые результаты эволюционного моделирования.

О механизмах затухания магнитозвуковых волн в солнечной короне

Манжаева Г.А., Михалев Б.Б.

¹ *Калмыцкий государственный университет, Элиста,
e-mail: bbmikh@mail.ru*

Решение проблемы волнового нагрева верхней атмосферы предполагает определение конкретных механизмов затухания волн. Несмотря на имеющиеся общетеоретические результаты по диссипации энергии МГД-волн, установить ясную картину поведения волн в солнечной атмосфере не удастся. На наш взгляд, сложившаяся ситуация объясняется чрезвычайно сложной структурой атмосферы, определяемой множеством магнитных потоков разных масштабов, и различием в физических свойствах существующих структур. Замечено, например, что в отдельных ситуациях в

охлаждении корональной плазмы больше проявляется эффект излучения [1] или теплопроводности [2].

Роль излучения в затухании магнитозвуковых волн в значительной степени зависит от локальных свойств функции радиационных потерь [3]. Излучение существенно в затухании колебаний корональных петель, наблюдаемых в крайнем ультрафиолетовом диапазоне длин волн, и малозначительно в затухании петель, наблюдаемых в рентгеновском диапазоне. Этот результат, полученный ранее в «чистом виде», проверяется при одновременном присутствии эффектов вязкости и теплопроводности. Исследование основано на анализе решений дисперсионного уравнения с учетом физических свойств наблюдаемых корональных структур, корональных петель и протуберанцев.

- [1] Aschwanden M.J., Terradas J. // *Astrophys. J.*, 2008, v. 686, p. L127.
- [2] Priest E.R., Foley C.R., Heyvaerts J. et al. // *Nature*, 1998, v. 393, p. 545.
- [3] Михалыев Б.Б., Веселовский И.С., Хонгорова О.В. // *Астрон. вестник*, 2013, т. 47, №1, с. 53.

Эволюционные перемещения магнитного источника активной области

Мерзляков В.Л.

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

Определялся подфотосферный уровень расположения магнитного источника активной области Солнца в процессе ее эволюции. Для этой цели использовались статистические связи между максимальной напряженностью нормальной компоненты магнитного поля и площадью тени пятна. Проводилось моделирование таких закономерностей в предположении «точечного» размера источника и учете двух гармоник его магнитного поля — дипольной и октупольной. Расчеты выявили перемещение источника вглубь до $\approx 0.04 R_{\odot}$ в период роста АО. При затухании АО источник движется к фотосфере, достигая глубины $0.015 R_{\odot}$ на момент исчезновения пятен. Средние радиальные скорости такого рода перемещений составляют 20 м/с как при опускании, так и подъеме. Установленный интервал движения и скорости магнитного источника указывают, что вероятной причиной его перемещений являются конвективные движения гигантских ячеек.

Особенности выхода магнитного потока в приэкваториальной зоне Солнца

Мерзляков В.Л., Старкова Л.И.

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

Проведено исследование долготно-временных свойств областей локального усиления магнитного поля (АО). Использовались синоптические карты магнитных полей Wilcox Solar Observatory за 2007 год. Изучаемые АО располагались вблизи широт $7^\circ - 10^\circ$, что предполагает их появление связанным с выходящим магнитным потоком из приэкваториальной зоны генерации. По долготному распределению АО был обнаружен устойчивый максимум их площадей (магнитных потоков), причем его положение между полусферами было смещено на $60^\circ - 70^\circ$. Устойчивость положения максимума сохранялась 5 кэррингтоновских оборота, после чего происходил скачкообразный долготный сдвиг на $\approx 130^\circ$. Такие особенности указывают на локальность выхода магнитного потока аналогично ситуации на средних широтах [1]. Сопоставление временных вариаций площадей АО с изменениями мощности выхода магнитного потока на средних широтах показало наличие связи между ними и приэкваториальными местами выхода. Также было установлено, что появление АО вызывает часть выходящего к фотосфере магнитного потока, которая трансформирована и усилена конвективными движениями ниже уровня супергрануляции.

- [1] Мерзляков В. Л., Старкова Л. И. // Труды конференции «Солнечная и солнечно-земная физика – 2014 С.-Петербург, 2014, с.275.

Связи широтных характеристик групп солнечных пятен с амплитудой 11-летнего цикла на различных его фазах

Милецкий Е.В., Иванов В.Г.

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

По данным о солнечных пятнах за 12-23 циклы проведено исследование связей некоторых широтных характеристик групп солнечных пятен с амплитудой 11-летнего цикла пятен на различных его фазах.

Установлено наличие высокой корреляции (коэффициенты корреляции > 0.9) между средней широтой групп пятен на каждой из его фаз (роста, максимума и спада) и амплитудой соответствующего цикла.

Показано, что особый смысл имеют максимумы скорости движения границ зоны пятнообразования к экватору: на фазе роста 11-летнего цикла имеются значимые корреляции между амплитудой цикла и таким максимумом для нижней границы, а на фазе спада цикла — аналогичным максимумом для верхней границы.

Построены уравнения, позволяющие определять амплитуду 11-летнего цикла на основе информации о рассмотренных широтных характеристиках групп пятен.

Резонансное взаимодействие МГД-волн со сдвиговым течением

Михаляев Б.Б.¹, Веселовский И.С.^{2,3}

¹*Калмыцкий государственный университет, Элиста,
e-mail: bbtikh@mail.ru*

²*Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В.
Скобелева, МГУ*

³*Институт космических исследований РАН, Москва*

Явление резонанса между волнами и течениями в сплошной среде приносится в теории генерации ветровых волн на поверхности воды и в ряде других задач гидродинамики [1]-[2]. Имеется определенная аналогия с резонансом между плазменными волнами и пучками частиц, лежащим в основе бесстолкновительного затухания плазменных волн, известного как затухание Ландау. По образцу квазилинейной теории плазмы [3] в гидродинамике построена теория нелинейного взаимодействия волн и течений, которая используется для изучения процессов резонансного поглощения волн в сдвиговом потоке и, наоборот, для изучения процессов волнового ускорения течений.

Аналогичная теория нелинейного взаимодействия между магнитозвуковыми волнами и течениями в плазме может быть полезной при интерпретации волновых процессов и конвективных явлений, повсеместно наблюдаемых в солнечной атмосфере. В рамках магнитной гидродинамики получен аналог уравнения Рэлея, описывающего резонанс волны в сдвиговом течении. Изучается его применимость к описанию волн и потоков в корональных петлях и корональных дырах.

- [1] Андронов А.А., Фабрикант А.Л. / Сб. Нелинейные волны. Под ред. А.В. Гапонова. — М.: Наука, 1979.
- [2] Степанянц Ю.А., Фабрикант А.Л. // УФН, 1989, т. 159, вып. 1, с. 83.
- [3] Ведынов А.А. Сб. Вопросы теории плазмы. Под ред. М.А. Леонтовича. Вып. 3. — М.: Госатомиздат, 1963, с. 203.

Нелинейное поведение радиальных колебаний корональной магнитной трубки

Михаляев Б.Б.¹, Рудерман М.С.^{2,3}, Елагандула Н.В.¹

¹Калмыцкий государственный университет, Элиста,
e-mail: bbmikh@mail.ru

²Solar Physics and Space Plasma Research Center (SP.RC), University
of Sheffield

³Институт космических исследований РАН, Москва

Исследование корональных осцилляций, наблюдаемых в различных волновых диапазонах, получило в последнее десятилетие детальное теоретическое обоснование в рамках магнитной гидродинамики [1, 2]. С использованием моделей цилиндрической магнитной трубки в линейном приближении изучены радиальные и изгибные колебания корональных петель, рассматриваемые как быстрые магнитозвуковые моды, а также распространяющиеся и стоячие продольные колебания — медленные магнитозвуковые моды. Результаты исследований позволяют получить явные соотношения между параметрами корональных петель и спектрами колебаний, интерпретировать наблюдаемые в короне волновые явления, точнее определить возможные механизмы затухания волн и продвинуться в решении проблемы волнового нагрева корональной плазмы.

Следующим шагом в развитии корональной сейсмологии может стать изучение свойств нелинейных колебаний корональных магнитных трубок, что позволит получить новые данные, уточняющие результаты линейной теории. В этом направлении предпринята попытка рассмотреть нелинейные радиальные колебания, которые в корональной сейсмологии используются при интерпретации пульсаций микроволнового и рентгеновского излучения вспышечных корональных петель. Для амплитуды радиальных колебаний получено нелинейное уравнение Шрёдингера. Проведено исследование модуляционной неустойчивости колебаний, позволяющее оценить возможность существования колебаний большой амплитуды.

- [1] Aschwanden M.J. Physics of the solar corona: An introduction with problems and solutions. New York: Springer, 2006.
- [2] Stepanov A.V., Zaitsev V.V., Nakariakov V.M. Coronal Seismology. Wiley-VCH Verlag&Co.KGaA. Weinheim, Germany. 2012.

**Диагностика анизотропии ускоренных электронов
по наблюдениям круговой поляризации
микроволнового излучения
солнечных вспышечных петель**

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

¹ *ФГБНУ Научно-исследовательский радиофизический институт,
Нижний Новгород, e-mail: a.s.morgachev@mail.ru*

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

Целью работы является проверка гипотезы о продольной анизотропии электронов как причине наблюдаемого в некоторых вспышечных петлях преобладания обыкновенной моды поляризованного по кругу микроволнового излучения. Для исследования использовались данные радиогелиографа Нобеяма (NoRH) на частотах 17 и 34 ГГц с пространственным разрешением, а также данные без пространственного разрешения о спектре радиоизлучения в диапазоне 1-80 ГГц, полученные радиополяриметром Нобеяма (NoRP). Для установления преобладающей моды микроволнового излучения использовались изображения вспышек в линиях ультрафиолетового излучения и карты фотосферного магнитного поля по данным инструментов SDO/AIA и SDO/HMI, соответственно. Проводилось определение топологии магнитного поля в короне и направления его силовых линий, а также анализировалась временная эволюция поляризации в различных частях петли. На основании вышесказанного регистрируемые правая и левая круговые поляризации соотносились с обыкновенной и необыкновенной модой излучения вспышек. Исследование было проведено для статистически значимого числа вспышечных петель (более 30).

Обнаружено, что в некоторых вспышечных петлях наблюдаются признаки доминирования обыкновенной моды излучения на частоте 17 ГГц в отдельных частях вспышечной петли. Для отобранных событий проведено восстановление параметров нетепловых электронов и магнитного поля во вспышечной петле на основе метода прямой подгонки, а также моделирование кинетики и гиротронного излучения нетепловых электронов в произвольно ориентированной магнитной петле. На основе сравнения результатов моделирования с наблюдениями установлено, что в некоторых событиях преобладание обыкновенной моды микроволнового излучения вызвано наличием продольной анизотропии нетепловых электронов.

**Multi-thermal representation of the kappa-distribution
of solar flare electrons and application to simultaneous
RHESSI and SDO/AIA observations**

Motorina G.G.^{1,2}, Battaglia M.^{3,2}, Kontar E.P.²

¹*Pulkovo Astronomical Observatory of Russian Academy of Sciences,
Saint-Petersburg, Russia, e-mail: g.motorina@gao.spb.ru*

²*School of Physics & Astronomy, University of Glasgow, Glasgow,
United Kingdom, e-mail: Eduard.Kontar@glasgow.ac.uk*

³*Institute of 4D Technologies, School of Engineering, University of
Applied Sciences and Arts Northwestern Switzerland, Windisch,
Switzerland, e-mail: marina.battaglia@fhnw.ch*

EUV observations with SDO/AIA and X-ray observations with RHESSI provide spatially resolved information about hot plasma and energetic particles accelerated during solar flares. Simultaneous observations with AIA and RHESSI allow to investigate the energy distribution of electrons heated/accelerated over a broad energy range from 0.1keV up to tens of keV. We develop a technique for simultaneous fitting of AIA and RHESSI data with a model differential emission measure (DEM), that represents the kappa-distribution. This automatically provides the energy distribution of electrons. In this work we consider one well-observed flare, fit AIA and RHESSI data with kappa-distribution DEM and compare with the traditional thin-target kappa-function fit for RHESSI data only. The results show that the total flare energy can only be determined accurately by combining RHESSI and AIA observations.

**Временная эволюция энергетического распределения
электронов в солнечных вспышках на основе RHESSI
и SDO/AIA наблюдений**

Моторина Г.Г.^{1,2}, Контарь Э.П.²

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

²*Факультет физики и астрономии, Университет Глазго, Глазго,
Великобритания, e-mail: Eduard.Kontar@glasgow.ac.uk*

Диагностика вспышечной плазмы, как правило, осуществляется изучением крайнего ультрафиолетового излучения, в то время как информацию о нетепловой компоненте плазмы, распределении высокоэнергичных

ускоренных электронов можно получить из данных рентгеновского излучения. С помощью одновременных наблюдений с космических аппаратов SDO/AIA и RHESSI стало возможным изучать энергетическое распределение нагретых/ускоренных электронов в более широком энергетическом диапазоне, от 0.1 кэВ до нескольких десятков кэВ. В докладе представлен метод фитирования дифференциальной мерой эмиссии (DEM) одновременно AIA и RHESSI данных, с помощью найденной DEM можно находить энергетическое распределение электронов во вспышечной плазме. Используя данный метод, для одного лимбового события была проанализирована временная эволюция DEM и энергетического распределения электронов, ускоренных в солнечной вспышке. Результаты показывают подробную эволюцию плазмы от начала подъема до затухания во вспышке.

Вариации напряженности межпланетного магнитного поля на длительной временной шкале

Наговицын Ю.А.¹, Георгиева К.²

¹*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, Россия*

²*Space and Solar-Terrestrial Research Institute of Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria*

В работе на основе мультимасштабного подхода построены реконструкции изменений напряженности межпланетного магнитного поля в прошлом (300-400-летняя шкала). В качестве опорных взяты ряды чисел Вольфа и чисел групп солнечных пятен как в традиционном варианте, так и в современном, предложенном международной группой исследователей на Генеральной ассамблее МАС в Гонолулу.

**Две популяции групп солнечных пятен:
продолжительность жизни, площадь и особенности
дифференциального вращения**

Наговицын Ю.А.¹, Певцов А.А.², Осипова А.А.¹

¹*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН*

²*National Solar Observatory, Sunspot, NM 88349, U.S.A.*

Показано, что рассмотрение параметра продолжительности жизни групп солнечных пятен надежно разделяет их на две популяции: SS (мелкие группы со средней площадью ~ 17 мдп и малой ПЖ 5 дней) и LL (крупные группы со средней площадью ~ 230 мдп и большой ПЖ > 5 дней). Группы SS показывают одномодальное быстрое вращение с синодической скоростью на экваторе $\omega \sim 0.4$ град/сут, LL – бимодальное: быстрое с такой же скоростью и медленное с $\omega \sim 0.1$ град/сут. Дифференциальность вращения изменяется со временем.

Quasi-periodic pulsations in solar and stellar flares

Nakariakov V.M.^{1,2}

¹ *Centre for Fusion, Space and Astrophysics, Department of Physics,
University of Warwick, Coventry CV4 7AL, UK,
e-mail: V.Nakariakov@warwick.ac.uk*

² *Central Astronomical Observatory of the Russian Academy of Sciences
at Pulkovo, 196140 St Petersburg, Russia*

Quasi-periodic pulsations (QPP) are a common feature of light curves of solar flares. The periods range from a fraction of a second to several tens of minutes, and the modulation depth can exceed 50%. Physical mechanisms responsible for QPP are still debated, but may be divided in two main groups: magnetohydrodynamic (MHD) oscillations in the flaring site or nearby, including periodically induced magnetic reconnection, and spontaneous periodic magnetic reconnection. Combination of the observed parameters of the pulsations with results of theoretical modelling provides us with an interesting opportunity for revealing basic physical processes operating in flares, and obtaining estimations of the key physical parameters of coronal plasmas. White-light, radio and X-ray light curves of stellar flares, including most powerful ones, often show the presence of QPPs too. In particular QPP were recently detected in a number of stellar superflares observed with the Kepler space mission. Moreover, in several cases the simultaneous presence of several significant periodicities was revealed. The similarity of the

observed properties of stellar and solar QPPs suggests that solar flares and stellar superflares may be caused by the same physical mechanism, which has important implications for space weather forecasting.

Изменения свойств магнитного поля солнечных пятен на вековой шкале

*Осипова А.А.¹, Наговицын Ю.А.¹, Певцов А.А.²,
Тлатов А.Г.¹*

¹Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, Россия

²National Solar Observatory, Sunspot, NM 88349, U.S.A.

На интервале 1920-2014 гг. рассмотрено изменение зависимости напряженности магнитного поля пятна H от его полной площади S от времени в форме $H = A(t) + b(t) \log S$. Используются наблюдения Службы Солнца СССР (обсерватории Пулково, КрАО, УрГУ, Уссурийск, Шемаха, ИЗМИРАН, ИМИС), начиная с 1957 г. и обсерватории Маунт-Вильсон (с 1920 г. до 1958 г. включительно). Данные с помощью модифицированного метода наименьших квадратов предварительно приведены к единой — Пулковской — системе. Показано, что на вековой временной шкале коэффициенты $A(t)$ и $B(t)$ значимо изменяются. В подтверждение предыдущих результатов получено, что напряженности магнитного поля мелких и крупных пятен ведут себя по-разному, и, следовательно, мы можем говорить о двух различающихся популяциях (Nagovitsyn et al, ApJL, 758, 2012). Найдено значение пятенного магнитного потока, разделяющее популяции: $F = 10^{21}$ Мх. Показано, что отношение числа крупных и мелких пятен изменяется с 11-летним циклом активности.

**Долгопериодические колебания магнитного поля
солнечных пятен по синхронным наземным (GONG)
и космическим (MDI/SOHO) наблюдениям**

**Парфиненко Л.Д.¹, Ефремов В.И.¹, Соловьев А.А.¹,
Рихокайнен А.²**

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

² University of Turku, FI-20014, Turku, Finland e-mail: alerie@utu.fi

Впервые по наземным наблюдениям магнитных полей в сети телескопов Global Oscillation Network Group (GONG) для двух солнечных пятен, наблюдавшихся 27-31 марта и 27-30 сентября 2010 года (группы 11057 и 11109) выявлена ультранизкая мода колебаний их магнитного поля с периодами около 28-32 часов. Длительность исходных временных рядов составляла 120 часов. Для тех же самых пятен и для тех же интервалов времени были обработаны магнитограммы, полученные на инструменте Michelson Doppler Imager (MDI) Solar and Heliospheric Observatory (SOHO). Периоды колебаний магнитного поля, найденные по космическим данным, совпадают с периодами, определенными по данным наземной сети GONG, что подтверждает физическую реальность колебательного процесса.

**Наблюдения солнечных вспышек в центре и крыльях
спектральных линий видимого
и рентгеновского диапазонов**

Пащенко М.П., Тлатов А.Г., Чернов Я.О.

Кисловодская Горная астрономическая станция ГАО РАН,
e-mail: misha253@mail.ru

В работе представлены результаты анализа вспышек М и С классов наблюдавшихся в августе 2015 г. на патрульных солнечных телескопах в спектральных линиях H-alpha и KCaII. Патрульные телескопы-спектрографы установлены на Горной астрономической станции ГАО РАН. Получение полных изображений диска Солнца происходит при перемещении солнечного диска по входной щели спектрографа. В процессе сканирования осуществляется запись изображений спектров с разрешением не хуже 0.05 Å/пикс. Также мы использовали данные космической обсерватории IRIS, для этих событий, которые позволяют провести анализ спектральных линий УФ и рентгеновского диапазона. Спектральные наблюдения с полным профилем линии, позволяют провести калибровку

измерений и оценить истинные потоки излучения в данной области спектра. Рассмотрены скорости в различных областях активных областях, получаемые из анализа профиля спектральной линии. Установлено, что во время вспышки существуют локальные областей со скоростями более 50 км/с вне области основного энерговыделения.

Геомагнитная активность в период переполюсовки магнитного поля на Солнце

Понявин Д.И.

*Санкт-Петербургский Государственный Университет,
Санкт-Петербург, e-mail: d.ponyavin@spbu.ru*

Хорошо известно, что геомагнитная активность контролируется солнечным ветром и межпланетным магнитным полем, тесно связанным в свою очередь с магнитными полями на Солнце. В работе анализируются источники геомагнитных вариаций в период переполюсовки общего магнитного поля Солнца. Текущий солнечный цикл характеризуется слабой активностью и небольшой амплитудой (максимум цикла пришелся на апрель 2014 г.). По всем признакам в настоящее время наступает вековой минимум солнечной активности. Данные наземных обсерваторий сопоставляются с наблюдениями на космических аппаратах. В результате удалось проследить эволюцию источников геомагнитных возмущений, отражающих топологию и организацию магнитных полей на Солнце, их изменение в цикле солнечной активности.

Полярные сияния в цикле солнечной активности в период 1837–1909 гг.

Птицына Н.Г., Тясто М.И., Храпов Б.А.

СПбФ ИЗМИРАН, Санкт-Петербург, e-mail: nataliaptitsyn@ya.ru

Используя данные Российской метеорологической сети мы составили каталог появления полярных сияний в 1837-1909 гг. на 140 обсерваториях, расположенных как в Европейской, так и азиатской частях России. Мы исследовали частоту появления полярных сияний в циклах солнечной активности 8-14. Получено, что 11-летний цикл их появления характеризуется особенностями, которые различны для среднеширотного и высокоширотного сегментов данных, при этом граница разделения этих сегментов задана по геомагнитной широте $= 56^\circ \text{С.Ш.}$ Для среднеширотных сияний характерен доминирующий пик частоты появления сияний N в максимуме цикла и дополнительный максимум на спаде. Для высокоширотных сияний, напротив, доминирующий пик в N наблюдается на спадающей ветви или в минимуме солнечного цикла. Эти наблюдательные факты подтверждают ранее высказанные идеи о том, что среднеширотные полярные сияния вызваны корональными выбросами массы из закрытых структур магнитного поля Солнца, а высокоширотные – высокоскоростными потоками солнечного ветра из корональных дыр, из открытых структур магнитного поля. В высокоширотном сегменте 11-летний цикл N наложен на возрастающий тренд в течение 1837-1909 гг. Этот тренд мы связываем с возможным возрастанием открытых магнитных полей Солнца в течение всего рассматриваемого периода времени. Кроме того, получено, что частота появления полярных сияний в минимумах солнечных циклов испытывает 22-летние вариации. Для N/W (N нормированное на число Вольфа W) в минимумах циклов существует отчетливая разница в парах нечет/чет и чет/нечет циклов: в минимуме между нечетным и четными циклом N/W выше, чем между четным и нечетным. Наиболее длинный ряд наблюдений в Санкт-Петербурге (геомагнитная широта $= 56^\circ \text{С.Ш.}$) демонстрирует асимметрию солнечных циклов: кривая N имеет разный характер в четных и нечетных циклах активности. В нечетных циклах поведение N очень хорошо повторяет ход солнечной активности, показывая яркий максимум в пике активности, что характерно для среднеширотного сегмента. В четных циклах N находится в противофазе с W и имеет доминирующий максимум на спаде цикла, что характерно для высокоширотного сегмента.

Факторы космической погоды в динамике эталонных клеточных структур

*Руденчик Е.А.¹, Рагульская М.В.¹, Храмова Л.Г.¹,
Обриджко В.Н.¹, Громозова Е.Н.²*

¹ИЗМИРАН им. Н.В. Пушкова, Троицк, Москва,
e-mail: ra_mary@mail.ru

²Институт микробиологии НАНУ, Киев,
Украина, e-mail: gren@voliacable.com

В докладе авторов на прошлогодней конференции в Пулково были обобщены результаты мониторинговых исследований влияния космической погоды на биосферные процессы различных уровней организации за 2000–2013 годы. Мы предположили, что наблюдаемое изменение динамики биообъектов различного уровня организации соответствует адаптационной реакции биосферы на нестандартные геофизические особенности 23–24 циклов солнечной активности. В текущем докладе обсуждается, какие факторы космической погоды оказывали приоритетное влияние на состояние эталонных клеточных структур в 2000–2013 годы.

В период 2000–2013 гг проводилось ежедневное мониторинговое фиксирование окраски метиленовым синим волютиновых гранул (реакция метакромазии, МТХ) дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* УКМ–517 и *Rhodococcus erythropolis* УКМ–741 (Институт микробиологии НАНУ). Аналогичные волютиновые гранулы имеются в тромбоцитах человека. Окрашенные клетки могут находиться в 3-х состояниях. Основное состояние с МТХ=1 (синий), и два возбужденных: МТХ=2 (фиолетовый) и МТХ=3 (красный). Статистический анализ мониторинговых данных проводился в ИЗМИРАН.

Космо–геофизические факторы можно подразделить на 3 группы: собственно земные, солнечные, галактические. Для статистического анализа из первой группы был выбран ар-индекс, из второй — интенсивность излучения Солнца на длине волны 10,7, из третьей — индекс вариации галактических космических лучей (ГКЛ). Строились статистические распределения для выбранных факторов в случайные дни, и в дни с соответствующим типом метакромазии.

Результаты:

1. Совокупное статистическое распределение для ар-индекса и МТХ (1,2,3) является случайным в пределах ошибки измерений.
2. Совокупное статистическое распределение излучения Солнца на длине волны 10,7 является случайным для МТХ (1,2). Незначительная зависимость наблюдается для МТХ=3.
3. Распределение вариаций ГКЛ во все дни периода 2000–2013 гг, и

дни фиксирования МТХ, отличной от 0, в пределах ошибки измерений практически не отличаются.

4. Распределение вариаций ГКЛ в дни с МТХ(1,2) практически совпадает с общим распределением вариаций ГКЛ. Такая картина получится, если строить распределение при случайной выборке дней, т.е. МТХ (1,2) можно считать независимыми от вариаций ГКЛ.

5. Распределение с МТХ=3 существенно зависит от интенсивности вариаций ГКЛ.

Таким образом, для исследуемых клеточных структур после 2004 года основным биотропным агентом космической погоды являются ГКЛ.

Авторы выражают искреннюю благодарность А.В. Белову и В.Г. Янке (отдел космических лучей ИЗМИРАН) за предоставленные данные по ГКЛ. Работа поддержана совместным российско-украинским грантом РФФИ укр_а 14-02-90424.

**Наблюдения солнечного затмения 20.03.2015
на двух радиотелескопах РТ-32
в обсерваториях «Светлое» и «Зеленчукская»**

***Рахимов И.А.¹, Дьяков А.А.¹, Ипатов А.В.¹, Ильин Г.Н.¹,
Коржавин А.Н.², Петерова Н.Г.², Топчило Н.А.³***

¹ *Институт прикладной астрономии РАН, С.-Петербург,*

² *Санкт-Петербургский филиал Специальной астрофизической
обсерватории РАН, С.-Петербург, e-mail: peterova@yandex.ru*

³ *Санкт-Петербургский государственный университет,
С.-Петербург*

Для исследования активных областей (АО) на Солнце, отвечающего современным требованиям, необходимы наблюдения с высоким пространственным разрешением. В радиодиапазоне его могут обеспечить наблюдения солнечных затмений (теоретический предел разрешения $\sim 3''$). Наилучшим методом этих наблюдений является метод, основанный на использовании достаточно крупных полноповоротных радиотелескопов с шириной диаграммы направленности порядка размеров АО — $(2-4)'$. К числу таких инструментов относятся радиотелескопы РТ-32 ИПА РАН системы КВАЗАР, с помощью которых проведены наблюдения уже 5 солнечных затмений, и при наблюдении затмения 2011 г. был достигнут теоретический предел пространственного разрешения.

Приведены предварительные результаты новых наблюдений солнечного затмения (20.03.2015 г.) на двух радиотелескопах РТ-32 — в обсерваториях «Светлое» (вблизи С.Петербурга) и «Зеленчукская» (Сев. Кавказ), выполненных на волнах 3.5 см, 6.2 см и 13 см с анализом круговой поляризации. В задачи наблюдений входило уточнение таких важных характеристик АО как размер источника радиоизлучения и его высота над уровнем фотосферы, а также исследование тонкой структуры распределения яркости излучения на солнечном лимбе. Приведены результаты наблюдения одиночного пятна в АО NOAA 12303. Благодаря высокой точности координатных измерений (1") установлено, что источник излучения в диапазоне (3.5–6.2 см) над пятном лежит очень низко — на высоте (< 2) тыс. км над уровнем фотосферы, а его размеры сравнимы с размерами тени пятна.

Представление 11-летней цикличности пятнообразования на Солнце последовательностью аппроксимирующих функций

Рощина Е.М., Сарычев А.П.

*Государственный астрономический институт имени П.К.
Штернберга Московского государственного университета имени
М.В. Ломоносова, Москва, Россия, e-mail: stella_ro@mail.ru*

Предлагается цикличность пятнообразования на Солнце воспроизводить последовательностью функций, аппроксимирующих 11-летние циклы. Для каждого цикла задаётся аппроксимирующая функция с тремя параметрами, которые соответствуют амплитуде, продолжительности ветви роста и дате начала цикла. Между эмпирическими значениями этих параметров, обнаружены статистические связи, как известные, так и ранее неизвестные. Эти взаимосвязи можно использовать для прогноза солнечной активности.

Особенности долготного распределения солнечных пятен за последние четыре одиннадцатилетних цикла

Рыбак А.Л.

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

На основе ежедневных сводок Национального центра геофизических данных (NGDC, Боулдер, США) проведён анализ долготно-временных рядов индексов пятнообразовательной деятельности Солнца за последние четыре одиннадцатилетних цикла. Отдельно рассмотрены особенности долготного распределения мелких пятен. Показано наличие северо-южной асимметрии в распределении солнечных пятен по долготе, проявляющейся в противофазности кривых для северного и южного полушарий. Данное обстоятельство может свидетельствовать в пользу существования наклонного неосесеммитричного диполя с периодом вращения, близким по продолжительности 11-летнему циклу солнечной активности.

Физические основы представления солнечных циклов

Рябов М.И.

*Одесская обсерватория «Уран-4» Института радиоастрономии
НАНУ, Одесса, e-mail: ryabov-uran@ukr.net*

Данная работа представляет собой обобщение ранее полученных результатов по характеру проявления активности в северном и южном полушарии Солнца за период с 12 по 24 циклы активности. Проведенные исследования показывают, что т.н. проблема «северо-южной асимметрии» солнечного цикла есть статистический результат проявления двух циклов северного и южного полушарий [1], [2].

Каждый из этих циклов представляет различные проявления активности во всех основных характеристиках включая время начала и конца цикла, продолжительность фазы роста и спада цикла, основных периодических процессов формирующих проявление активности на различных временных интервалах [3] [3]. При этом существующие индексы солнечной активности для каждого полушария Солнца включая числа Вольфа – (W-N, W-S), суммарной площади групп пятен (Sp-N, SpS) и вспышечный индекс (FI –N, FI-S) показывают различную динамику в пределах каждого цикла активности.

Применение расширенного метода вейвлет анализа и полосовой фильтрации позволяет получить детальную картину развития северного и южного циклов активности. При этом появляется возможность различать группы периодических процессов и модуляцию их активности от «11-летнего» периода до переходных процессов от цикла к циклу средней продолжительности (1–6 лет) и кратковременных процессов (менее одного года) в каждом цикле.

Применяемое в настоящее время представление о развитии и прогнозировании солнечного цикла по данным всего солнечного диска отражает только общие тенденции и является статистическим результатом отличным от реальных физических процессов происходящих в северном и южном полушариях Солнца.

- [1] Рябов М.И., Лукашук С.А. // Сб. статей «Циклы активности на Солнце и звездах», Москва, 2009, 1999, с. 121.
- [2] Рябов М.И., Сухарев А.Л., Собыняк Л.И., Лукашук С.А. // Сборник статей, «Солнечная и солнечно-земная физика – 2013», Санкт-Петербург, 2013, с. 235.
- [3] Рябов М.И. // Сборник статей, «Солнечная и солнечно-земная физика – 2014», Санкт-Петербург, 2014, с. 365.
- [4] Рябов М.И. // Odessa Astronomical Publications, Odessa, 2014, N 2, с. 15.

On the separation of solar and lunar cycles

Sidorenkov N.S.

Hydrometeorological Research Centre of the Russian Federation, Russia

The synodic rotation period of the Sun nearly coincides with the sidereal rotation period of the Moon (27.3 days). The 11-year cycle of solar activity coincides with the eclipse cycle Tritos. The secular cycle of solar activity is close to the 93-year lunar cycle. Due to these coincidences, the cause of monthly, 11-year, and secular periods and their superharmonics in terrestrial processes is attributed to the Sun by solar-terrestrial researchers and to lunisolar tides by geophysicists. The possibilities of separating the solar and lunar cycles by applying spectral analysis, examining frequency differences, and detecting beats and resonances are discussed in this talk.

Two-dimensional numerical simulation of solar type-two spicule

Smirnova V.^{1,2}, *Konkol P.*³, *Murawski K.*³, *Solov'ev A.*¹

¹*Central (Pulkovo) Astronomical Observatory RAS (Russia)*

²*University of Turku (Finland)*

³*University of Maria Curie-Skłodowska (Poland)*

High-resolution observations of the Sun gave the possibility to study small-scale jet-like structures – spicules. Spicules are usually detected at levels of the chromosphere and the transition region where they appeared as plasma “jets” with the typical temperature of about 105 K. According to the classification provided by De Pontieu et al. (2007) there are two types of spicules with different physical properties were observed. Type-one spicules have the vertical speed in range of 20-50 km·s⁻¹, reaching the heights of about 10 Mm (Roupe van der Voort et al. 2009). Lifetimes of these spicules is about 50 seconds. Recent numerical simulations suggested that the driving mechanism of type-one spicules is connected with shock waves generated by collapsing granules (Heggland et al. 2007, Martinez-Sykora et al. 2009).

Type-two spicules are highly dynamic structures with speeds of 50-150 km·s⁻¹. The observed temperatures of these spicules do not exceed 5-10% in comparison with the background (Ca K II observations). Also, they reach heights of about 15 Mm, and they usually fade in chromospheric lines images at the end of their lifetime (De Pontieu et al. (2007), Tian et al. (2014)).

The driven mechanism of the type-two spicules is under discussion yet (Martinez-Sykora et al. 2013). Theoretical models provided the reconnection-like origin of this type of spicules as a result of the interaction between the magnetic field lines (Fazel and Ebadi 2014). Results of numerical simulations suggest that the chromospheric plasma should be squeezed by the magnetic tension resulting from flux emergence to form the type-two spicule. However, the detailed comparison of the observed and simulated properties of type-two spicules show some discrepancies (Martinez-Sykora et al. 2013).

We provided two-dimensional numerical simulation of spicule-like structure, by using the idea of the formation of the structure by the pressure pulse nearby the null-point of the potential magnetic arcade. We used PLUTO MHD code to provide the simulation (Mignone et al. 2007).

Results of the simulation are shown the existing of jet-like structure with properties are closed to the observational parameters of two-type spicules.

[1] De Pontieu, B., McIntosh, S., Hansteen, V. H., et al. 2007, PASJ, 59, 655.

- [2] Fazel, Z. and Ebadi, H. 2014, *Astrophysics and Space Science*, Volume 353, Issue 1, pp.47-51.
- [3] Heggland, L., De Pontieu, B., & Hansteen, V. H. 2007, *ApJ*, 666, 1277.
- [4] Martinez-Sykora, Bart De Pontieu, Jorrit Leenaarts, Tiago M. D. Pereira, Mats Carlsson, Viggo Hansteen, Julie V. Stern, Hui Tian, Scott W. McIntosh, Luc Rouppe van der Voort, 2013, *Astrophys.J.* 771, 66.
- [5] Martinez-Sykora, J., Hansteen, V., DePontieu, B., & Carlsson, M. 2009, *ApJ*, 701, 1569.
- [6] Mignone, A., Bodo, G., Massaglia, S., Matsakos, T., Tesileanu, O., Zanni C., Ferrari, A. 2007, *ApJS*, Volume 170, Issue 1, pp. 228-242.
- [7] Rouppe van der Voort, L., Leenaarts, J., de Pontieu, B., Carlsson, M., & Visser, G. 2009, *ApJ*, 705, 272.
- [8] Tian H., DeLuca E.E., Cranmer S.R., De Pontieu B., Peter H., and 22 co-authors, 2014, *Science*, 346, 6207, id.1255711.

**Модель неосесимметричного солнечного пятна
с волокнистой полутенью и течениями Эвершеда**

Соловьев А.А., Киричек Е.А.

*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория,
e-mail: solov@gao.spb.ru*

Дается точное аналитическое решение стационарной задачи идеальной МГД для температурно-плотностных распределений и скорости течений плазмы в солнечном пятне, погруженном в реалистическую солнечную атмосферу; рассчитываются типичные для солнечных пятен радиальные и вертикальные профили давления, плотности и температуры, моделируется важнейший для понимания природы пятен эффект — значительное разрежение плазмы в магнитной воронке пятна, в области вильсоновской депрессии. Магнитная структура солнечного пятна задается аналитически таким образом, чтобы часть магнитного потока пятна замыкалась у внешнего края полутени на окружающую фотосферу. Магнитное поле пятна не предполагается осесимметричным. Угловая зависимость величин в данной модели впервые позволяет моделировать не только отклонения формы пятна от круговой, но и тонкую волокнистую структуру полутени солнечного пятна. Альвеновское число Маха — отношение скорости течений плазмы к альвеновской — равняется нулю в центре пятна и медленно нарастает к периферии, что соответствует характеру течений Эвершеда в полутени солнечного пятна. Показано, что эти течения, в согласии с наблюдениями, концентрируются в темных волокнах полутени.

Магнитогидростатическая модель волокна с тонкой слоистой структурой

Соловьев А.А., Королькова О.А.

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория,
e-mail: solov@gao.spb.ru

Получено точное аналитическое решение уравнений магнитной гидростатики, описывающее горизонтальное (трансляционная симметрия) волокно с тонкой внутренней структурой магнитного поля. Возмущения, вносимые магнитным полем в исходное гидростатическое распределение, квазипериодически меняются по вертикали. Модель применима для описания спокойных протуберанцев и корональных петель.

Временные вариации магнитного поля солнечных факелов

Стрекалова П.В.¹, Наговицын Ю.А.¹, Смирнова В.В.¹,
Риехокайнен А.²

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

² Университет Турку, Обсерватория Туорла (Финляндия)

С целью изучения квазипериодических вариаций магнитного поля факельных образований было проведено исследование факельного поля, содержащего свыше сотни факельных ядер. Также был проведён анализ околополярных одиночных факелов. Для этого были использованы магнитограммы, полученные SDO/HMI.

В результате обработки данных были получены вариации напряжённости магнитного поля факелов с периодами 40-50 мин и 80-100 мин.

Данные периоды могут быть связаны с распространением МГД волн в отдельных факельных образованиях.

Предельный спектр солнечных/звездных космических лучей

Струминский А.Б.

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

Предложен физический подход для оценки предельного спектра солнечных/звездных космических лучей (СКЛ) в заданной точке гелиосферы (звездной сферы), основанный на максимальной величине магнитного поля в активной области и ее характерных линейных размерах. Ускоритель заданных линейных размеров и величины магнитного поля может ускорять за конечное время заряженные частицы до некоторой максимальной энергии. В качестве спектра в источнике используется спектр Сыроватского [1] для релятивистских и нерелятивистских энергий, нормированный на интенсивность галактических КЛ при максимальной энергии СКЛ. Максимальные потоки СКЛ, распространяющиеся в гелиосфере определяются равенством давлений межпланетного магнитного поля и газа КЛ [2]. Для оценки максимальных флюенсов СКЛ используются характерные времена набора флюенса, найденные из наблюдений наиболее мощных одиночных солнечных протонных событий. Полученный предельный флюенс протонов >30 МэВ одиночного события согласуется с наблюдательным верхним пределом [3] и [4]. Для объяснения события 775 AD необходима последовательность примерно 20 предельных одиночных событий в течение трех месяцев, что представляется маловероятным. Обсуждается применение модели для случая звездных вспышек.

- [1] Сыроватский С.И. // ЖЭТФ, 1961, т. 40, стр. 1788.
- [2] Freier P.S., Webber W.B. // J. Geophys. Res., 1963, v. 68, p. 1605.
- [3] Usoskin I.G., Kovaltsov G. A. // Astrophys. J., 2012, v. 757, p. 92.
- [4] Cliver E.W., Tylka A.J., Dietrich W.F., Ling A.G., // Astrophys. J., 2014, v. 781, p. 32.

Корональные дыры, крупномасштабное магнитное поле и комплексы активности в период 1977-2012 годов

Тавастшерна К.С., Поляков Е.В.

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

В работе использованы данные ряда корональных дыр (КД), полученного Тлатовым, Тавастшерной, Васильевой из наблюдений обсерватории Китт-Пик в линии $\text{HeI } 10830\text{\AA}$ в период 1975-2003 гг. и SOHO/EIT-195 $\text{\AA}$ в период 1996-2012 гг., Н-альфа синоптические карты Кисловодской горной станции и каталог ядер комплексов активности (КА) Язева. При наложении границ КД на Н-альфа карты, характеризующие положение нейтральных линий радиальной компоненты крупномасштабного магнитного поля Солнца, получены близкие результаты для данных Китт-Пик и SOHO. В первом случае 69% КД располагаются в униполярных областях своего знака, 18% — в областях противоположного и 13% относятся к очень крупным КД, которые часто пересекаются нейтральными линиями нескольких униполярных областей, во втором — 76%, 11% и 13% соответственно.

Для получения сведений о расположении корональных дыр и ядер комплексов активности КД были распределены на 4 широтные группы (0° - 10° , 10° - 40° , 40° - 60° , 60° - 80°) как в северном, так и в южном полушарии. Ядра КА наносились на эти же Н-альфа карты. Для каждого цикла генетическая связь КД и ядер КА характерна для разных представителей широтных групп.

Прогноз параметров солнечного ветра по данным наблюдений магнитографа СТОП

Тлатов А.Г.¹, Свидский П.М.², Пещеров В.С.³,
Понявин Д.И.⁴

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

² ИПГ им Федорова, Москва, e-mail: svidsky@mail.ru

³ ИСЗФ, Иркутск, e-mail: vsp@mail.iszf.irk.ru

⁴ СПбГУ, Санкт-Петербург, e-mail: dponyavin@mail.ru

В работе рассмотрены результаты прогноза параметров солнечного ветра на расстоянии 1 а.е., выполненные по данным наблюдений

телескопа-магнитографа СТОП. Телескоп регистрирует крупномасштабные магнитные поля по всему диску Солнца. С целью реконструкции топологии магнитного поля в короне Солнца и оценки скорости солнечного ветра в межпланетной среде используется эмпирическая модель WSA ([1], [2]), реализуемая в несколько этапов. На первом выполняется построение синоптических карт магнитных полей, обновляемых ежедневно. На втором этапе рассчитываются параметры магнитного поля в короне. Затем рассчитывается положение областей с открытой конфигурацией магнитных силовых линий и фактор расширения магнитного поля в короне. На последнем этапе выполняется прогноз скорости солнечного ветра, полярности межпланетного магнитного поля вблизи Земли.

Проведена адаптация предложенной модельной схемы к данным наблюдений магнитографа СТОП. Выполнено сравнение результатов расчётов параметров солнечного ветра с данными измерений спутника ACE. Показано, что использование данных СТОП даёт лучшую корреляцию прогнозных значений солнечного ветра с наблюдаемыми, по сравнению с данными других наземных и космических магнитографов.

В работе приводится анализ транзиентных и рекуррентных геомагнитных событий во время переполусовки общего магнитного поля Солнца в 24-м солнечном цикле. В результате удалось выделить геомагнитные возмущения, отражающие топологию магнитных полей на Солнце, их эволюцию в процессе переполусовки.

[1] Wang Y.-M., Sheeley N. R., Jr.//ApJ., 1990, v. 365, p 526.

[2] Arge C.N., Pizzo V.J.//JGR, 2000, v. 5, p 10465.

Проявление цикличности в палеоклиматических данных Юрского периода (~200–145 млн лет назад) — древнейшая летопись солнечной активности

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

¹ СПбФ ИЗМИРАН, С.-Петербург, e-mail: mtyasto@mail.ru

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

В начале юрского периода (~145 млн лет назад) климат на всей Земле был теплым и сухим. Позднее обильные дожди начали пропитывать

влажностью почвы, появилась пышная растительность. Доказательства изменчивости окружающей среды и климата в далеком прошлом удаётся получать из многих источников. Наиболее детальную картину дают ископаемые окаменелости, обладающие слоистой структурой, в частности, кольца погребённых деревьев и ленточные глины. Имеется ряд работ, в которых обнаружен циклический характер изменения климатических процессов, главным образом, в кольцах окаменевших деревьев, произраставших миллионы лет назад.

Поэтому, для подтверждения этого свойства изменчивости климата, в данной работе основное внимание уделено изучению проявления циклическости в ленточных глинах юрского периода. Проведено исследование непрерывного ряда слоёв отложений известняков с высоким временным разрешением (один год) из бассейна озера Todilto, Нью-Мексико (США), охватывающего временной интервал длительностью в 1592 года. Были обнаружены следующие значимые квазипериодические изменения в исследованных при помощи спектрального анализа в скользящем временном окне исходных данных и их высокочастотном компоненте: 13, 16, 20, 56 лет на уровне значимости 3σ ; 41, 49 лет на уровне значимости 5σ ; 69, 78, 138 лет на уровне значимости 6σ ; 105 лет на уровне значимости 7σ и 179 лет на уровне значимости 10σ .

Проведено сопоставление полученных данных с изменением ширины ежегодного прироста колец ископаемых окаменевших деревьев. Показано, что выявленные циклическости в слоях известняков и колец ископаемых деревьев указывают на возможную их связь с солнечной активностью.

Вариации магнитного поля, сопровождающие возникновение КВМ, связанных с эрупцией волокна

***Файнштейн В.Г., Егоров Я.И., Руденко Г.В.,
Анфиногентов С.А.***

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

По данным векторных измерений фотосферного магнитного поля инструментом SDO/HMI исследованы изменения поля в области возникновения КВМ от 14.08.2010 и 07.06.2011, связанных с эрупцией волокна и сопровождавшихся вспышкой. Анализировались вариации следующих характеристик магнитного поля: модуля B и радиальной компоненты B_r , магнитной индукции, а также угла α между направлением поля и радиальным направлением из центра Солнца в точку измерения поля. Оказалось, что появление КВМ сопровождается вариациями магнитного поля

на нескольких масштабах времени, начиная от суток и заканчивая временным разрешением магнитографа. Показано, что наиболее сильные изменения поля локализованы в нескольких участках фотосферы, в том числе внутри и в окрестности оснований «ног» эруптивного волокна и области связанной с КВМ вспышки. Именно в этих участках фотосферы изменения поля были изучены наиболее детально. На всех участках внутри и вне оснований «ног» протуберанца магнитная индукция возрастает от 30% до 300% на масштабах времени от 3 до 9 часов в пределах ближайших суток до начала вспышки. В некоторых случаях эти увеличения можно интерпретировать как всплытие нового магнитного потока. Оказалось, что в пределах нескольких минут относительно начала вспышки и близкого к нему момента начала эрупции волокна во всех рассмотренных участках фотосферы наблюдается резкое изменение характера временного хода B и B_r . В участках фотосферы в пределах основания «ног» эруптивного волокна и в некоторых ближайших участках вне «ног» изменение B и $|B_r|$ проявляется в виде уменьшения этих характеристик поля. В центре области вспышки наоборот, наблюдается резкое увеличение магнитной индукции на несколько сот Гс. Минимальный угол α на всех участках внутри основания «ног» волокна и в ближайшей его окрестности за несколько часов до момента вспышки уменьшается в несколько раз, а в центре вспышки сразу после ее начала – резко нарастает.

Кинематика КВМ и связанных ударных волн по данным LASCO: сравнительный анализ

**Файнштейн В.Г., Пичуев В.А., Егоров Я.И.,
Загайнова Ю.С.**

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

Для двух групп быстрых КВМ, связанных с ударной волной (УВ), в поле зрения коронографов LASCO определены зависимости от времени положений границы тела КВМ и УВ, а также скорости этих структур. Отдельно анализировались лимбовые КВМ, источники которых располагались вблизи лимба, и КВМ типа гало (ГКВМ) с источниками в пределах 30° относительно центра солнечного диска. В первом случае кинематика КВМ и УВ отражает результат совместного влияния поступательного движения КВМ и его расширения во всех направлениях. Во втором случае особенности движения КВМ и УВ определяются преимущественно расширением этих структур. Эти результаты были сопоставлены с временными зависимостями кинематических параметров КВМ и УВ в трехмерном пространстве, определенных с использованием «Модели мороженого»

выброса массы. Показано, что, в среднем, во всех случаях скорость ударной волны больше скорости тела КВМ. Характер изменения со временем скорости тела КВМ и УВ различается как для отдельных КВМ, так и в среднем, для разных групп выбросов массы. В среднем скорость как тела КВМ, так и УВ уменьшается со временем (расстоянием), причем скорость УВ уменьшается быстрее, чем скорость тела КВМ. В результате разность скоростей тела КВМ и УВ в среднем уменьшается со временем (расстоянием), а расстояние между этими структурами увеличивается. Для пяти гало КВМ показано, что существует хорошее согласие между распределением $\Delta R/R_b(R)$, полученным в поле зрения LASCO C3 из расчетов характеристик КВМ и связанной ударной волны в трехмерном пространстве, с $\Delta R/R_b(R)$, полученным в работе [1] и справедливым для поршневых ударных волн. Здесь ΔR — расстояние между телом КВМ и УВ на оси КВМ, R_b — радиус тела КВМ на его оси, R — расстояние от центра Солнца. Это свидетельствует в пользу того, что в поле зрения LASCO C3 ударные волны, связанные с КВМ, являются поршневыми с телом КВМ в качестве поршня.

[1] Russell and Mulligan // Planet. and Space Sci., 2002, v. 50, p. 527

Влияние радиальных БМЗ колебаний на характеристики микроволнового и жесткого рентгеновского излучений вспышечной петли

Филатов Л.В.¹, Мельников В.Ф.², Кудрявцев И.В.^{2,3}

¹ Научно-исследовательский радиофизический институт, Нижний
Новгород, e-mail: filatovlv@yandex.ru

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

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

Изучено влияние радиальных быстрых магнито-звуковых (БМЗ) волн на характеристики гиросинхротронного радио- и тормозного жесткого рентгеновского излучений солнечных вспышек. Учтен новый эффект, связанный с модуляцией БМЗ волнами концентрации нетепловых электронов в каждой точке магнитной петли. Модуляция обусловлена перераспределением вдоль петли захваченных в ловушку энергичных электронов,

вызванным изменением положения точек отражения этих электронов из-за локального увеличения/уменьшения магнитного поля. Анализ влияния этого эффекта на характеристики радио и жесткого рентгеновского излучений в разных частях петли (вершина, основания, ноги) проведен на основе решения нестационарного кинетического уравнения Фоккера-Планка с переменной во времени функцией источника и неоднородным вдоль петли и переменным во времени магнитным полем. Показана роль бетатронного ускорения и ускорения Ферми 1-го рода.

Морфология, динамика и особенности магнитной конфигурации активных областей перед вспышками рентгеновского класса X

Фурсяк Ю.А.

*ГБНУ НИИ КрАО, пос. Научный, Республика Крым, Россия,
e-mail: yuriy_fursyak@mail.ru*

В работе рассмотрены морфологические и эволюционные особенности ряда активных областей текущего, 24 цикла активности Солнца, в которых зафиксированы вспышки рентгеновского класса X. Произведен отбор групп, в которых вспышка X-класса зафиксирована в пределах $\pm 40^\circ$ от центра диска Солнца. Произведена оценка градиентов магнитных полей и движений пятен выбранных активных областей, рассмотрены особенности магнитной конфигурации группы перед мощными вспышечными процессами. Особый акцент делается на поиск индивидуальных особенностей каждой из рассмотренных активных областей.

Использованы данные космического телескопа SDO/HMI (магнитные поля активных областей), данные о потоках рентгеновского излучения аппарата GOES-15, а также информация о напряженностях магнитных полей пятен, полученные на телескопах БСТ-2 Крымской астрофизической обсерватории и 150-футовом телескопе обсерватории Маунт-Вильсон.

Нагрев верхней атмосферы Солнца и перенос волновой энергии в тонких магнитных трубках

Цап Ю.Т.^{1,2}, Копылова Ю.Г.²

¹ НИИ "Крымская астрофизическая обсерватория", Научный,
e-mail: yur_crao@mail.ru

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

В настоящее время считается, что нагрев верхней атмосферы Солнца и звезд происходит посредством диссипации квазистационарных электрических токов или/и магнитогидродинамических волн, генерируемых конвективными движениями плазмы. При этом магнитные трубки подобно волноводам способны обеспечить эффективную передачу механической энергии из фотосферы в хромосферу и корону. В представленной работе на основе линейного приближения рассмотрены волноводные свойства тонких магнитных трубок. Приводятся оценки групповой скорости собственных мод. В свете новых наблюдательных и теоретических результатов обсуждается роль магнитного поля в нагреве различных образований атмосферы Солнца.

Ускорение электронов и нагрев вспышечной плазмы корональных петель

Цап Ю.Т.^{1,2}, Моторина Г.Г.²

¹ НИИ "Крымская астрофизическая обсерватория", Научный,
e-mail: yur_crao@mail.ru

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

Исходя из наблюдательных данных, полученных на космической орбитальной станции RHESSI, рассмотрены особенности временных профилей мягкого и жесткого рентгеновского излучения, а также температуры и меры эмиссии корональной плазмы трех вспышечных событий: 21 мая 2004 г. (M2.6), 23 августа 2005 г. (M2.7) и 13 мая 2013 г. (M3.0). Определены основные параметры тепловой и нетепловой плазмы в различные моменты времени. Проведено фитирование спектров жесткого рентгеновского излучения. Установлено, что максимумы температуры тепловой рентгеновской плазмы могут на несколько минут опережать пики жесткого рентгеновского излучения. Приведены оценки характерного времени охлаждения

корональной плазмы из-за теплопроводных, радиационных и энтальпийных потерь. Рассчитан вклад ускоренных электронов в ее нагрев. На основе размерностных соотношений анализируется тепловой баланс вспышечных петель. В свете полученных результатов обсуждаются особенности ускорения и распространения электронов в солнечных вспышках.

Развитие вспышечных процессов и особенности тонкой структуры солнечного радиоизлучения

Чернов Г.П.¹, Фомичев В.В.¹, Сыч Р.А.², Tan Baolin³, Yan Yihua³

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

² *Институт солнечно-земной физики, Иркутск,*

³ *Key Laboratory of Solar activity, NAO, Beijing, China.*

Дискуссия о природе самой интригующей тонкой структуры в виде полос в излучении и поглощении типа зебры на динамических спектрах континуальных радиовсплесков IV типа продолжается более 40 лет. Было предложено более десятка механизмов. Здесь на примере нескольких событий показана важность комплексных наблюдений. В явлении 11 апреля 2013 г. тонкая структура впервые наблюдалась одновременно в 4 обсерваториях. Зебра структура (ЗС) появлялась как граница обрезания радиоизлучения на высокочастотном (ВЧ) краю быстрых пульсаций. Эти моменты совпадали с последовательными вспышечными уярчениями во вспышечных лентах. Поляризация радиоизлучения заметно менялась с каждым новым появлением ЗС, даже со сменой знака. Динамика поляризации была связана с движением вспышечных узлов в EUV линиях (SDO/AIA). Радиоизлучение ЗС связано с обыкновенной волной. Во вспышке 21 июня 2013 г быстрые пульсации также имели ВЧ границу обрезания, но без ЗС. Данные SDO показывают, что пульсации наблюдались в ходе выбросов вдоль открытых силовых линий. В длительных явлениях волокна ограничивали ЗС с ВЧ края, что может быть связано с положением источника ЗС в магнитном острове над вспышечной петлей. В лимбовом явлении 24 февраля 2011 г. радиоисточник ЗС в микроволновом диапазоне располагался в основаниях петель под X-точкой магнитного пересоединения. Новый китайский радиогелиограф позволит получить решающие параметры радиоисточника одной полосы ЗС: движущийся источник должен отвечать модели ЗС на вистлерах, а стационарный больше соответствует модели на двойном плазменном резонансе.

**Влияние флуктуаций магнитного поля вспыхивающей
петли на спектр и пространственное распределение
жесткого рентгеновского излучения.**

Шабалин А.Н.¹, Чариков Ю.Е.²

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

² ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН, С.-Петербург,
e-mail: y.charikov@yandex.ru

В работе исследуется спектр и пространственное распределение жесткого рентгеновского излучения, полученного в результате численного решения нестационарного релятивистского кинетического уравнения для ускоренных во вспыхивающей петле электронов. При этом особая роль уделяется влиянию флуктуаций магнитного поля петли на динамику электронов в петле. Модель учитывает неоднородность концентрации плазмы в петле, влияние обратного тока, кулоновские эффекты и неоднородность магнитного поля. Расчеты показывают, что присутствие магнитных флуктуаций существенно меняет спектр электронов и тормозного излучения и их временную эволюцию, если уровень флуктуаций $\delta B/B$ не ниже 10^{-5} . Причем характер изменений зависит в первую очередь от углового распределения электронов и вида энергетического спектра в момент их инжекции. В работе проанализировано также влияние локализации области с магнитными флуктуациями вдоль петли на параметры жесткого рентгеновского излучения. Проведено сравнение пробега электронов в плазме с магнитными неоднородностями и без них. В вершине петли пробег значительно уменьшается, а в основаниях практически не меняется. Показано также влияние магнитных флуктуаций на скорость энергетических потерь в зависимости от типа источника электронов.

**Исследование энерговыведения солнечной вспышки в
плотных слоях солнечной атмосферы на основе данных
телескопа NST (BBSO) и прибора HMI (SDO)**

Шарыкин И.Н.¹, Садыков В.М.²

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

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

Солнечная вспышка GOES класса M1.0, произошедшая 12 июня 2014 г в 21:01 UT, наблюдалась новым оптическим телескопом NST в составе обсерватории BBSO с помощью фильтров TiO (7057 Å) и H α (6563 Å). Во время данного события не наблюдалось эрупции магнитного волокна и коронального выброса массы, что исключает из рассмотрения стандартную модель эруптивной солнечной вспышки. Наличие наблюдательных данных NST с высоким пространственным разрешением (вплоть до 0.09'') и не эруптивная природа события послужило главным критерием отбора данной солнечной вспышки. Целью работы является исследование роли физических процессов в нижней атмосфере в инициации и развитии выбранной солнечной вспышки. Анализируется динамика электрических токов по векторным магнитограммам HMI/SDO, а также динамика течений плазмы в фотосфере по доплерограммам HMI/SDO. Установлено, что с солнечной вспышкой связана перестройка фотосферных течений и вертикальных электрических токов, сконцентрированных около линии инверсии полярности магнитного поля. По данным наблюдений NST показано расширение магнитного жгута, расположенного в области фотосферных течений и сильного магнитного поля. Также выявлено появление во время импульсной фазы нитевидного источника H α излучения (видного только в крыльях линии) вытянутого вдоль нейтральной линии, где присутствуют большие градиенты магнитного поля. Представленные наблюдательные данные свидетельствуют о том, что инициация выбранной солнечной вспышки может быть связана с физическими процессами в плотной части солнечной атмосферы.

**Реконструкция минимума Дальтона по 150-летней
гармонике и характеристикам циклов достоверного
ряда чисел Вольфа**

Шибает И.Г.

ИЗМИРАН

Экстраполяция длиннопериодных компонент достоверного ряда чисел Вольфа на внешний временной интервал дает возможность для реконструкции или прогнозирования временной динамики ряда. Дополняя это статистическими характеристиками достоверных циклов и их амплитудно-временными соотношениями проведена реконструкция минимума Дальтона. Данная работа следует методам предложенным в публикациях [1, 2].

- [1] Шибает 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.

**Хромосферные и корональные источники
в радиодиапазоне по частному солнечному затмению
20.03.2015 на ГАС ГАО РАН**

Шрамко А.Д., Гусева С.А.

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

Представлены результаты обработки данных наблюдения частного солнечного затмения 20.03.2015 на радиотелескопах Кисловодской Горной Астрономической Станции: РТ-3($\lambda=4.9\text{см}$) и РТ-2($\lambda=3.2\text{см}$). Проведены сопоставления с наблюдениями в оптическом и рентгеновском диапазонах. Отождествлены локальные радиоисточники на лимбе и на диске Солнца: эруптивный и спокойный протуберанцы, волокно, факельные площадки,

униполярное пятно. Построены кривые изменения радиояркости невозмущенных областей Солнца от центра к лимбу для $\lambda=4.9\text{см}$ и $\lambda=3.2\text{см}$. Представлены радиокарты Солнца. Проведено сравнение высоты излучающего слоя в хромосфере над пятненным источником для $\lambda=4.9\text{см}$ и $\lambda=3.2\text{см}$.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ №12-02-00614-а, №12-02-00616-а и программ Президиума РАН.

О структурах конвекции в среде с переменной теплопроводностью

Щерица О.В.¹, Гетлинг А.В.², Мажорова О.С.³

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*

³*Институт прикладной математики имени М.В. Келдыша,
Москва, e-mail: olgamazhor@mail.ru*

Постановка этого исследования продиктована необходимостью выяснения факторов, которые могут быть ответственны за сосуществование течений различных масштабов в солнечной конвективной зоне. Среди этих факторов — переменное состояние ионизации, переменные коэффициенты переноса, плотностная стратификация и т.д. Их сложность и разнообразие заставляют начинать анализ с простых случаев, выделяя отдельные факторы. В работе выполнено трехмерное численное моделирование конвекции в горизонтальном слое на основе расширенного приближения Бусинеска, допускающего вариации температуропроводности χ с температурой T . А именно, принимается 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. Для исследования рассчитанных полей скорости и температуры используются фурье-анализ и методы вычислительной гомологии (определяются числа Бетти, характеризующие связность картины восходящих и нисходящих течений). Исследовано влияние надкритичности и формы статического профиля температуры на масштабный спектр течений, найдены режимы с расщеплением масштабов конвективных течений. По изображениям спокойных участков солнечной фотосферы проведено исследование топологической структуры солнечной конвекции. Выявлены черты общности структур течений, полученных при численном моделировании, и течений в верхних слоях солнечной конвективной зоны.

О влиянии солнечной активности на землетрясения

Эйгенсон А.М.^{1,2}

¹*Львовский национальный университет им. Ив. Франко, Львов,
Украина*

²*Бар-Иланский университет, Ашкелон, Израиль*

Крупные землетрясения за последние 150 лет сопоставляются с эпохами минимума 11-летних циклов солнечной активности. Найдена тесная корреляция между этими событиями. Если подобная тенденция сохранится, следующие землетрясения произойдут наиболее вероятно около 2018 и 2019 годов.

**Свойства северо-южной асимметрии солнечной
активности как суперпозиции двух реализаций – ее
знака и абсолютной величины**

Бадалян О.Г., Обриджко В.Н.

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

Продолжено рассмотрение предложенной нами ранее новой концепции феномена северо-южной асимметрии солнечной активности [1]. Асимметрия, определяемая как $A = (N - S)/(N + S)$ (где N и S – значения соответствующих индексов активности для северного и южного полушарий) рассматривается как суперпозиция двух функций – знака асимметрии и ее абсолютной величины. Исследуется асимметрия площадей солнечных пятен за 1874-2013 гг. Показано, что именно знак асимметрии несет основную информацию о ее временном изменении. Как и сама асимметрия, знак имеет квазициклический характер с периодом 12 лет и в нем отчетливо прослеживаются квазидвухлетние вариации. Для выяснения природы этого феномена рассмотрена статистика так называемых монохромных интервалов (длительных интервалов, когда асимметрия имеет знак «плюс» или «минус»), которая подчиняется распределению случайных чисел. Во второй функции – абсолютном значении асимметрии – строго выделяется 11-летний цикл, сдвинутый на полпериода относительно чисел Вольфа. Выявлены прогностические возможности модуля асимметрии – чем выше максимум модуля асимметрии, тем ниже ближайший последующий максимум чисел Вольфа. Обсуждается фундаментальный характер такого взгляда на северо-южную асимметрию, связанный с общей методологией познания мира.

- [1] Бадалян О.Г., Обриджко В.Н. // Труды ежегодн. конф. по физике Солнца «Год астрономии: солнечная и солнечно-земная физика – 2009», (ред. А.В.Степанов), С.-Петербург, ГАО РАН, 2009, с. 37.

Дифференциальное вращение магнитного поля солнечной короны

Бадалян О.Г., Обриджко В.Н.

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

Рассматривается дифференциальное вращение солнечной короны на различных расстояниях от центра Солнца. Для этого магнитное поле в короне рассчитано по стандартной методике для 1976-2004 гг на всех широтах до $\pm 75^\circ$ с шагом 5° на расстояниях от 1.0 до $2.45 R_\odot$. На каждый день вычислялись радиальная и тангенциальная компоненты, затем находился модуль поля. Для последующего анализа использовался метод периодограмм. Для каждого из полученных рядов данных о модуле магнитного поля рассчитывались периодограммы с окном 1 год и с шагом 3 оборота Солнца. В результате определены периоды вращения короны на 7 расстояниях от центра Солнца для рассматриваемого интервала гелиоширот. По совокупности результатов расчетов были построены карты распределения периодов вращения короны на различных расстояниях от центра. Карты показывают изменение периода вращения короны в зависимости от расстояния и от фазы цикла активности. Получено, что наибольшая скорость вращения короны (наименьший период) наблюдается в минимуме цикла на малых расстояниях. Наименьшая скорость наблюдается в середине ветви роста на больших расстояниях. При этом в минимуме цикла отмечена наибольшая дифференциальность вращения, особенно на малых расстояниях от центра Солнца. С увеличением расстояния дифференциальность вращения уменьшается на всех фазах цикла.

Согласно современным представлениям, вращение короны отражает вращение подфотосферных слоев Солнца. Более высокие слои короны отражают вращение более глубоких слоев Солнца. Полученные результаты показывают, что в течение цикла или меняется глубина слоев генерации магнитных полей соответствующих масштабов, или изменяется сам процесс и амплитуда их генерации.

**О двух возможных сценариях квазипериодических
пульсаций в солнечной вспышке с необычной
пространственной динамикой**

**Куприянова Е.Г.^{1,2}, Кашапова Л.К.³, Ратклифф Х.⁴,
Мяжкова И.Н.⁵**

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

² Katholieke Universiteit Leuven, Department Wiskunde, Leuven,
Belgium, e-mail: elena.Kupriyanova@wis.kuleuven.be

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

⁴ University of Reading, UK, e-mail: h.ratcliffe@reading.ac.uk

⁵ Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д. В.
Скобелева, МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва

Среди возможных причин квазипериодических пульсаций, наблюдаемых в излучении солнечных вспышек, наиболее часто обсуждаются две: МГД осцилляции в магнитных волноводах и спонтанные осцилляции в токовых слоях. Тем не менее, однозначную связь между наблюдениями и одной из моделей установить сложно. На примере солнечной вспышки с необычной пространственной динамикой мы обсуждаем возможность реализации каждого из сценариев в отдельности или их комбинации. Для исследования временной, пространственной и спектральной структур источников вспышечного излучения используются преимущества многоволнового подхода. Для получения информации об источниках в различных слоях короны анализируются данные рентгеновского, микроволнового и радио диапазонов. Тонкая временная структура излучения, а также взаимные характеристики временных профилей исследуются на основе корреляционного, Фурье и вейвлет анализа. Обнаружено, что минутные вариации потока большой амплитуды на импульсной фазе вспышки наиболее вероятно связаны с квазипериодическим ускорением электронов, вызванным осцилляциями в токовом слое. Пространственно-временная структура затухающих минутных пульсаций на фазе спада вспышки соответствуют второй гармонике медленной магнитозвуковой волны.

Оглавление

<i>Абдусаматов Х.И.</i> Оптический телескоп с системой защиты от лунной пыли	3
<i>Абраменко В.И.</i> Диагностика динамо-процессов по фрактальным свойствам плазмы в невозмущенной фотосфере	3
<i>Абрамов-Максимов В.Е., Боровик В.Н., Опейкина Л.В., Тлатов А.Г.</i> Предвспышечная динамика микроволнового излучения и магнитного поля активных областей Солнца	4
<i>Авакян С.В.</i> Физика солнечно-земных связей: новые подходы и результаты	5
<i>Артамонова И.В., Макаренко Н.Г., Наговицын Ю.А.</i> Рецензирование множества палеореконструкций методами Парето-оптимальности	6
<i>Бакунина И.А., Абрамов-Максимов В.Е., Соловьев А.А., Смирнова В.В.</i> Долгопериодические колебания микроволновых межпланетных источников	7
<i>Бикташ Л.З.</i> Циклические изменения глобальной температуры воздуха, связанные с солнечной активностью и космическими лучами	8
<i>Биленко И.А.</i> Циклические изменения глобального магнитного поля Солнца	8
<i>Бруевич Е.А., Казачевская Т.В., Катюшина В.В., Нусинов А.А., Якунина Г.В.</i> Взаимосвязь индексов активности Солнца и звезд солнечного типа на разных фазах цикла активности. Эффект гистерезиса	9
<i>Бруевич Е.А., Шимановская Е.В., Якунина Г.В.</i> Циклы магнитной активности звезд солнечного типа. Место Солнца среди звезд с различными уровнями хромосферной и корональной активности	10
<i>Бруевич Е.А., Якунина Г.В.</i> Долговременные вариации индексов активности, характеризующих различные уровни солнечной атмосферы, в конце XX — начале XXI века	10
<i>Васильева В.В., Тлатов А.Г.</i> Свойства корональных дыр в 24-м цикле активности	11
<i>Веретененко С.В.</i> Влияние солнечных протонных событий на развитие циклонических процессов в умеренных широтах	11
<i>Веретененко С.В., Огурцов М.Г.</i> Аномалии облачности в умеренных широтах северного и южного полушарий: связь с динамикой атмосферы и вариациями космических лучей	12
<i>Вернова Е.С., Тясто М.И., Баранов Д.Г.</i> Слабые магнитные поля фотосферы в 21-23 циклах Солнца	13
<i>Веселовский И.С., Капорцева К.Б.</i> Динамическая роль электронов в ускорении солнечного ветра	14

<u>Волобуев Д.М., Макаренко Н.Г.</u> Динамическая связь активности в северном и южном полушариях Солнца	15
<u>Волобуев Д.М., Макаренко Н.Г., Князева И.С.</u> Эволюция лапласиана Бохнера для магнитограмм активных областей Солнца . . .	16
<u>Галкин В.Д., Никанорова И.Н.</u> Метод выявления влияния солнечной активности на содержание водяного пара в атмосфере Земли	17
<u>Georgieva K., Kirov B., Nagovitsyn Yu., Obridko V.</u> The double peaked sunspot cycle 24	17
<u>Гетлинг А.В., Исикава Р., Бучнев А.А.</u> Развитие течений и магнитных полей в активных областях. Эффект окаймления	18
<u>Голубчина О.А.</u> Физические характеристики радиоизлучения над полярными областями Солнца	19
<u>Горшков В.Л.</u> Солнечный и геомагнитный след в скорости вращения Земли	19
<u>Гофман А.А., Яснов Л.В., Ступишина О.М., Ступишин А.Г., Богод В.М.</u> Солнечные микровсплески	20
<u>Гриб С.А., Леора С.Н.</u> Особенности поведения МГД волн солнечного ветра в магнитослое	21
<u>Григорьева И.Ю., Кузнецов А.А., Мешалкина Н.С., Мышьяков И.И.</u> Многоволновые наблюдения вспышки 10 мая 2012: ускорение частиц и всплытие магнитного поля	22
<u>Гуляева Т.Л.</u> Анализ геомагнитно-ионосферных бурь, инициированных возмущениями ММП и параметров солнечного ветра . . .	23
<u>Данилова О.А.</u> Жесткости обрезания космических лучей в период геомагнитной бури в марте 2012 года и их связь с параметрами солнечного ветра и ММП.	24
<u>Дергачев В.А.</u> Влияние орбитального воздействия и солнечной активности на изменчивость климата с момента окончания последнего оледенения	25
<u>Дерес А.С., Анфиногентов С.А.</u> Сейсмологический метод измерения средней скорости звука и высотных расстояний в атмосфере солнечных пятен	26
<u>Дивлекеев М.И.</u> Начальные скорости корональных выбросов масс и особенности сопровождаемых вспышек	27
<u>Ерофеев Д.В.</u> Влияние меридионального градиента скорости на структуру турбулентности в солнечном ветре	27
<u>Ефремов В.И., Парфиненко Л.Д., Соловьев А.А.</u> Медленные колебания солнечных волокон в Н-альфа по данным GONG	28
<u>Живанович И., Соловьев А.А., Смирнова В.В.</u> Исследование радиального профиля продольного магнитного поля в солнечном пятне	29

<u>Загайнова Ю.С., Файнштейн В.Г., Обриджо В.Н., Руденко Г.В., Анфиногентов С.А.</u> Вариации магнитного поля в тени одиночных и магнитно-связанных пятен при их прохождении по диску Солнца	29
<u>Зайцев В.В., Крошадтов П.В., Степанов А.В.</u> Генерация супер-драйсеровских электрических полей в солнечной хромосфере	30
<u>Зимовец И.В., Головин Д., Митрофанов И., Бахтин Б., Литвак М., Выборнов В., Лившиц М.</u> О точности измерений спектров жесткого рентгеновского излучения солнечных вспышек детектором нейтронов высоких энергий HEND на борту космического аппарата Марс Одиссей	32
<u>Зимовец И.В., Шарыкин И.Н.</u> О связи вспышечных источников жесткого рентгеновского излучения и электрических токов на фотосфере	32
<u>Золотова Н.В., Понявин Д.И.</u> Минимум Маундера: ревизия	33
<u>Иванов В.Г., Милецкий Е.В.</u> Широтные характеристики распределения групп солнечных пятен в догринвичских данных	34
<u>Иванов Е.В.</u> Существует ли предел энергии корональных выбросов массы на Солнце?	34
<u>Илларионов Е.А., Тлатов А.Г.</u> Вращение солнечных пятен и их связь с солнечными вспышками в 24-м цикле активности	35
<u>Исайкина О.Ю., Кукса Ю.И., Шибанов И.Г.</u> Длиннопериодные компоненты корреляционных отношений показаний артериального давления и пульса за 17 лет наблюдений	36
<u>Исханов Р.Н., Иванов В.Г.</u> О связи между высоко- и низкоширотной солнечной активностью	37
<u>Исханов Р.Н., Иванов В.Г.</u> Смена полярности магнитного поля в высоких и низких широтах в 21-м и 22-м циклах солнечной активности	38
<u>Калинин А.А.</u> О влиянии поля скоростей в цилиндрическом протуберанце на степень вторичной ионизации кальция в нем	39
<u>Kaltman T.I., Bastian T.S., Bogod V.M., Gary D.E., Tokhchukova S.K., White S., Fleishman G., Yasnov L.V., Stupishin A.G., Chen B.</u> Structure of the large active region NOAA 12209 with RATAN-600 and VLA microwave observations	39
<u>Кальтман Т.И., Кочанов А.А.</u> Исследование характеристик и особенностей радиоизлучения усиленной хромосферной сетки Солнца на основе реалистичной МГД модели	40
<u>Караханян А.А., Молодых С.И.</u> Оценка эволюции воздушных масс при разных геомагнитных условиях	41
<u>Касинский В.В.</u> Пространственная анизотропия хромосферных вспышек в зоне пятен и векторные диаграммы бабочек в циклах Солнца.	41

<i>Кацова М.М., Лившиц М.А.</i> Вспышечная активность маломассивных поздних звёзд	43
<i>Ким И.С., Алексеева И.В., Попов В.В., Суюнова Э.З.</i> Цикл солнечной активности по наблюдениям магнитных характеристик протуберанцев	44
<i>Kirov B., Azenovski S., Georgieva K., Bachvarov D., Boneva A., Klimov S., Grushin V.</i> Results from Langmuir Probe measurements aboard the International Space Station	44
<i>Киселев Б.В.</i> Хаотичность и детерминизм в динамике солнечной и геомагнитной активности	45
<i>Кичатинов Л.Л.</i> Меридиональная циркуляция на Солнце и звездах	46
<i>Кичатинов Л.Л., Олемской С.В.</i> Насыщение магнитной активности быстро вращающихся звезд	47
<i>Князева И.С., Уртъев Ф.А., Наговицын Ю.А.</i> Диагностика циклической компоненты временного ряда	48
<i>Ковалев В.А.</i> Режимы нагрева с обострением и расслоение магнитных трубок во время солнечных вспышек	49
<i>Колотков Д.Ю., Накаряков В.М., Роуландс Дж.</i> Нелинейные автоколебания токового слоя, образованного плазменной неустойчивостью слияния магнитных островов	50
<i>Крамьинин А.П., Михалина Ф.А.</i> Активные долготы в эпоху наложения 11-летних циклов солнечной активности	51
<i>Криволицкий А.А.</i> Вариации радиации Солнца в цикле его активности: отклик параметров атмосферы Земли (численное моделирование)	51
<i>Криволицкий А.А., Дементьева А.В., Черепанова Л.А.</i> Чувствительность температуры нижней атмосферы к изменениям потоков УФ радиации Солнца: численное моделирование и анализ данных наблюдений	52
<i>Криволицкий А.А., Черепанова Л.А., Куколева А.А., Вьюшкова Т.Ю., Репнев А.И.</i> Воздействие вариаций УФ радиации в цикле активности Солнца на сезонное распределение нейтральных и заряженных химических составляющих атмосферы Земли (трехмерное моделирование)	53
<i>Кудрявцев И.В.</i> Угловое распределение ленгмюровских плазмонов при учете их рассеяния на ионах плазмы	54
<i>Кудрявцев И.В., Волобуев Д.М., Дергачев В.А., Наговицын Ю.А., Огурцов М.Г.</i> Реконструкция содержания космогенного изотопа ^{14}C в природных архивах, его скорости генерации и вариации климатических параметров в эпоху окончания последнего ледникового периода	55

<u>Кудрявцев И.В., Мельников В.Ф., Чариков Ю.Е.</u> Поляризация жесткого рентгеновского излучения при длительной и импульсной инжекции релятивистских электронов во вспышечную петлю	56
<u>Кузанын К.М., Тлатов А.Г., Васильева В.В.</u> Спиральные свойства солнечных волокон	57
<u>Кузнецов В.Д., Зеленый Л.М., Зимовец И.В. и команда Интергелиозонда</u> Космическая миссия Интергелиозонд для изучения Солнца и гелиосферы	58
<u>Кузнецов С.А., Моргачев А.С., Зимовец И.В., Мельников В.Ф., Контарь Э.П.</u> Исследование пространственной динамики источников квазипериодических пульсаций жесткого рентгеновского излучения солнечных вспышек	58
<u>Кулешова А.И., Дергачев В.А., Кудрявцев И.В., Наговицын Ю.А., Огурцов М.Г.</u> Изменение солнечной активности на основе данных по содержанию космогенного изотопа ^{14}C во время малого ледникового периода	60
<u>Курочкин Е.А., Венгер А.П., Коржавин А.Н., Петерова Н.Г., Сторожченко А.А., Топчило Н.А., Шендрих А.В.</u> Спектрально-поляризационные наблюдения солнечного затмения 20.03.2015 г. на радиотелескопах РАТАН-600 и БПР (динамика и характеристики активных областей)	61
<u>Лукашенко А.Т.</u> О принципах описания нулевых точек высших порядков магнитного поля в пространстве	62
<u>Лукашенко А.Т., Веселовский И.С.</u> Хаотическое поведение линий магнитного поля вблизи простейших токовых систем	63
<u>Макаренко Н.Г., Пак Д.О., Алексеев В.И.</u> Редактирование магнитограмм Активных Областей методами дискретной теории Морса	64
<u>Макаренко Н.Г., Преображенский И.Г., Алексеев В.В.</u> Большие диффеоморфизмы магнитограмм и эволюционные модели АО	64
<u>Манкаева Г.А., Михалев Б.Б.</u> О механизмах затухания магнитозвуковых волн в солнечной короне	65
<u>Мерзляков В.Л.</u> Эволюционные перемещения магнитного источника активной области	66
<u>Мерзляков В.Л., Старкова Л.И.</u> Особенности выхода магнитного потока в приэкваториальной зоне Солнца	67
<u>Милецкий Е.В., Иванов В.Г.</u> Связи широтных характеристик групп солнечных пятен с амплитудой 11-летнего цикла на различных его фазах	67
<u>Михалев Б.Б., Веселовский И.С.</u> Резонансное взаимодействие МГД-волн со сдвиговым течением	68
<u>Михалев Б.Б., Рудерман М.С., Елагандула Н.В.</u> Нелинейное поведение радиальных колебаний корональной магнитной трубки	69

<u>Моргачев А.С., Кузнецов С.А., Мельников В.Ф.</u> Диагностика анизотропии ускоренных электронов по наблюдениям круговой поляризации микроволнового излучения солнечных вспышечных петель	70
<u>Motorina G.G., Battaglia M., Kontar E.P.</u> Multi-thermal representation of the kappa-distribution of solar flare electrons and application to simultaneous RHESSI and SDO/AIA observations	71
<u>Моторина Г.Г., Контарь Э.П.</u> Временная эволюция энергетического распределения электронов в солнечных вспышках на основе RHESSI и SDO/AIA наблюдений	71
<u>Наговицын Ю.А., Георгиева К.</u> Вариации напряженности межпланетного магнитного поля на длительной временной шкале	72
<u>Наговицын Ю.А., Певцов А.А., Осипова А.А.</u> Две популяции групп солнечных пятен: продолжительность жизни, площадь и особенности дифференциального вращения	73
<u>Nakariakov V.M.</u> Quasi-periodic pulsations in solar and stellar flares	73
<u>Осипова А.А., Наговицын Ю.А., Певцов А.А., Тлатов А.Г.</u> Изменения свойств магнитного поля солнечных пятен на вековой шкале	74
<u>Парфиненко Л.Д., Ефремов В.И., Соловьев А.А., Ризокайнен А.</u> Долгопериодические колебания магнитного поля солнечных пятен по синхронным наземным (GONG) и космическим (MDI/SOHO) наблюдениям	75
<u>Пащенко М.П., Тлатов А.Г., Чернов Я.О.</u> Наблюдения солнечных вспышек в центре и крыльях спектральных линий видимого и рентгеновского диапазонов	75
<u>Понявин Д.И.</u> Геомагнитная активность в период переполусовки магнитного поля на Солнце	76
<u>Птицына Н.Г., Тясто М.И., Храпов Б.А.</u> Полярные сияния в цикле солнечной активности в период 1837–1909 гг.	77
<u>Руденчик Е.А., Рагульская М.В., Храмова Л.Г., Обриджо В.Н., Грозомозова Е.Н.</u> Факторы космической погоды в динамике эталонных клеточных структур	78
<u>Рахимов И.А., Дьяков А.А., Ипатов А.В., Ильин Г.Н., Коржавин А.Н., Петерова Н.Г., Топчило Н.А.</u> Наблюдения солнечного затмения 20.03.2015 на двух радиотелескопах РТ-32 в обсерваториях «Светлое» и «Зеленчукская»	79
<u>Рощина Е.М., Сарычев А.П.</u> Представление 11-летней цикличности пятнообразования на Солнце последовательностью аппроксимирующих функций	80
<u>Рыбак А.Л.</u> Особенности долгого распределения солнечных пятен за последние четыре одиннадцатилетних цикла	81
<u>Рябов М.И.</u> Физические основы представления солнечных циклов	81
<u>Sidorenkov N.S.</u> On the separation of solar and lunar cycles	82

<i>Smirnova V., Konkol P., Murawski K., Solov'ev A.</i> Two-dimensional numerical simulation of solar type-two spicule	83
<i>Соловьев А.А., Киричек Е.А.</i> Модель неосесимметричного солнечного пятна с волокнистой полутенью и течениями Эвершеда	84
<i>Соловьев А.А., Королькова О.А.</i> Магнитогидростатическая модель волокна с тонкой слоистой структурой	85
<i>Стрекалова П.В., Наговицын Ю.А., Смирнова В.В., Риехокайнен А.</i> Временные вариации магнитного поля солнечных факелов	85
<i>Струминский А.Б.</i> Предельный спектр солнечных/звездных космических лучей	86
<i>Тавастшерна К.С., Поляков Е.В.</i> Корональные дыры, крупномасштабное магнитное поле и комплексы активности в период 1977–2012 годов	87
<i>Тлатов А.Г., Свидский П.М., Пещеров В.С., Понявин Д.И.</i> Прогноз параметров солнечного ветра по данным наблюдений магнитографа СТОП	87
<i>Тясто М.И., Благовещенская Е.Е., Дергачев В.А., Дмитриев П.Б.</i> Проявление цикличности в палеоклиматических данных Юрского периода (~200–145 млн лет назад) — древнейшая летопись солнечной активности	88
<i>Файнштейн В.Г., Егоров Я.И., Руденко Г.В., Анфиногентов С.А.</i> Вариации магнитного поля, сопровождающие возникновение KBM, связанных с эрупцией волокна	89
<i>Файнштейн В.Г., Пичуев В.А., Егоров Я.И., Загайнова Ю.С.</i> Кинематика KBM и связанных ударных волн по данным LASCO: сравнительный анализ	90
<i>Филатов Л.В., Мельников В.Ф., Кудрявцев И.В.</i> Влияние радиальных БМЗ колебаний на характеристики микроволнового и жесткого рентгеновского излучений вспышечной петли	91
<i>Фурсяк Ю.А.</i> Морфология, динамика и особенности магнитной конфигурации активных областей перед вспышками рентгеновского класса X	92
<i>Цап Ю.Т., Копылова Ю.Г.</i> Нагрев верхней атмосферы Солнца и перенос волновой энергии в тонких магнитных трубках	93
<i>Цап Ю.Т., Моторина Г.Г.</i> Ускорение электронов и нагрев вспышечной плазмы корональных петель	93
<i>Чернов Г.П., Фомичев В.В., Сыч Р.А., Tan Baolin, Yan Yihua</i> Развитие вспышечных процессов и особенности тонкой структуры солнечного радиоизлучения	94
<i>Шабалин А.Н., Чариков Ю.Е.</i> Влияние флуктуаций магнитного поля вспышечной петли на спектр и пространственное распределение жесткого рентгеновского излучения.	95

<u>Шарыкин И.Н., Садыков В.М.</u> Исследование энерговыделения солнечной вспышки в плотных слоях солнечной атмосферы на основе данных телескопа NST (BBSO) и прибора HMI (SDO)	96
<u>Шибанов И.Г.</u> Реконструкция минимума Дальтона по 150-летней гармонике и характеристикам циклов достоверного ряда чисел Вольфа	97
<u>Шрамко А.Д., Гусева С.А.</u> Хромосферные и корональные источники в радиодиапазоне по частному солнечному затмению 20.03.2015 на ГАС ГАО РАН	97
<u>Щерица О.В., Гетлинг А.В., Мажорова О.С.</u> О структурах конвекции в среде с переменной теплопроводностью	98
<u>Эйгенсон А.М.</u> О влиянии солнечной активности на землетрясения	99
<u>Бадалян О.Г., Обриджко В.Н.</u> Свойства северо-южной асимметрии солнечной активности как суперпозиции двух реализаций – ее знака и абсолютной величины	100
<u>Бадалян О.Г., Обриджко В.Н.</u> Дифференциальное вращение магнитного поля солнечной короны	101
<u>Куприянова Е.Г., Кашапова Л.К., Ратклифф Х., Мяжкова И.Н.</u> О двух возможных сценариях квазипериодических пульсаций в солнечной вспышке с необычной пространственной динамикой . .	102
Оглавление	103
Список авторов	104

Список авторов

Абдусаматов Х.И., 3
Абраменко В.И., 3
Абрамов-Максимов В.Е., 4, 7
Авакян С.В., 5
Алексеев В.В., 64
Алексеев В.И., 64
Алексеева И.В., 44
Анфиногентов С.А., 26, 29, 89
Артамонова И.В., 6
Бадалян О.Г., 100, 101
Бакунина И.А., 7
Баранов Д.Г., 13
Бахтин Б., 32
Бикташ Л.З., 8
Биленко И.А., 8
Благовещенская Е.Е., 88
Богод В.М., 20, 39
Боровик В.Н., 4
Бруевич Е.А., 10
Бруевич Е.А., 9, 10
Бучнев А.А., 18
Васильева В.В., 11, 57
Венгер А.П., 61
Веретененко С.В., 11, 12
Вернова Е.С., 13
Веселовский И.С., 14, 63, 68
Волобуев Д.М., 15, 16, 55
Выборнов В., 32
Вьюшкова Т.Ю., 53
Галкин В.Д., 17
Георгиева К., 17, 44, 72
Гетлинг А.В., 18, 98
Головин Д., 32
Голубчина О.А., 19
Горшков В.Л., 19
Гофман А.А., 20
Гриб С.А., 21
Григорьева И.Ю., 22
Громозова Е.Н., 78
Гуляева Т.Л., 23
Гусева С.А., 97
Данилова О.А., 24
Дементьева А.В., 52
Дергачев В.А., 25, 55, 60, 88
Дерес А.С., 26
Дивлекеев М.И., 27
Дмитриев П.Б., 88
Дьяков А.А., 79
Егоров Я.И., 89, 90
Елагандула Н.В., 69
Ерофеев Д.В., 27
Ефремов В.И., 28, 75
Живанович И., 29
Загайнова Ю.С., 29, 90
Зайцев В.В., 30
Зеленый Л.М., 57
Зимовец И.В., 32, 57, 58
Золотова Н.В., 33
Иванов В.Г., 34, 37, 38, 67
Иванов Е.В., 34
Илларионов Е.А., 35
Ильин Г.Н., 79
Ипатов А.В., 79
Исайкина О.Ю., 36
Исикава Р., 18
Ихсанов Р.Н., 37, 38
Казачевская Т.В., 9
Калинин А.А., 39
Кальтман Т.И., 39, 40
Капорцева К.Б., 14
Караханян А.А., 41
Касинский В.В., 41
Катюшина В.В., 9
Кацова М.М., 43
Кашапова Л.К., 102
Ким И.С., 44
Киричек Е.А., 84

Киров Б., 17, 44
 Киселев Б.В., 45
 Кичатинов Л.Л., 46, 47
 Князева И.С., 16, 48
 Ковалев В.А., 49
 Колотков Д.Ю., 50
 Контарь Э.П., 58, 71
 Копылова Ю.Г., 93
 Коржавин А.Н., 61, 79
 Королькова О.А., 85
 Кочанов А.А., 40
 Крамынин А.П., 51
 Криволицкий А.А., 51–53
 Кронштадтов П.В., 30
 Кудрявцев И.В., 54–56, 60, 91
 Кузанын К.М., 57
 Кузнецов А.А., 22
 Кузнецов В.Д., 57
 Кузнецов С.А., 58, 70
 Куколева А.А., 53
 Кукса Ю.И., 36
 Кулешова А.И., 60
 Куприянова Е.Г., 102
 Курочкин Е.А., 61
 Леора С.Н., 21
 Лившиц М., 32
 Лившиц М.А., 43
 Литвак М., 32
 Лукашенко А.Т., 62, 63
 Мажорова О.С., 98
 Макаренко Н.Г., 6, 15, 16, 64
 Манкаева Г.А., 65
 Мельников В.Ф., 56, 58, 70, 91
 Мерзляков В.Л., 66, 67
 Мешалкина Н.С., 22
 Милецкий Е.В., 34, 67
 Митрофанов И., 32
 Михалина Ф.А., 51
 Михалев Б.Б., 65, 68, 69
 Молодых С.И., 41
 Моргачев А.С., 58, 70
 Моторина Г.Г., 71, 93
 Мышьяков И.И., 22
 Мягкова И.Н., 102
 Наговицын Ю.А., 6, 17, 48, 55, 60,
 72–74, 85
 Накаряков В.М., 50, 73
 Никанорова И.Н., 17
 Нусинов А.А., 9
 Обридо В.Н., 17, 29, 78, 100, 101
 Огурцов М.Г., 12, 55, 60
 Олемской С.В., 47
 Опейкина Л.В., 4
 Осипова А.А., 73, 74
 Пак Д.О., 64
 Парфиненко Л.Д., 28, 75
 Пашенко М.П., 75
 Певцов А.А., 73, 74
 Петерова Н.Г., 61, 79
 Пещеров В.С., 87
 Пичуев В.А., 90
 Поляков Е.В., 87
 Понявин Д.И., 33, 76, 87
 Попов В.В., 44
 Преображенский И.Г., 64
 Птицына Н.Г., 77
 Рагульская М.В., 78
 Ратклифф Х., 102
 Рахимов И.А., 79
 Решнев А.И., 53
 Риехокайнен А., 85
 Риехокайнен А., 75
 Роуланс Дж., 50
 Рощина Е.М., 80
 Руденко Г.В., 29, 89
 Руденчик Е.А., 78
 Рудерман М.С., 69
 Рыбак А.Л., 81
 Рябов М.И., 81
 Садыков В.М., 96
 Сарычев А.П., 80
 Свидский П.М., 87

Смирнова В.В., 7, 29, 82, 85	Bachvarov D., 44
Соловьев А.А., 7, 28, 29, 75, 82, 84, 85	Bastian T.S., 39
Старкова Л.И., 67	Battaglia M., 70
Степанов А.В., 30	Boneva A., 44
Стороженко А.А., 61	Chen B., 39
Стрекалова П.В., 85	Fleishman G., 39
Струминский А.Б., 86	Gary D.E., 39
Ступишин А.Г., 20, 39	Grushin V., 44
Ступишина О.М., 20	Klimov S., 44
Суюнова Э.З., 44	Konkol P., 82
Сыч Р.А., 94	Kontar E.P., 70
Тавастшерна К.С., 87	Murawski K., 82
Тлатов А.Г., 4, 11, 35, 57, 74, 75, 87	Sidorenkov N.S., 82
Топчило Н.А., 61, 79	Tan Baolin, 94
Тохчукова С.К., 39	White S., 39
Тясто М.И., 13, 77, 88	Yan Yihua, 94
Уртъев Ф.А., 48	
Файнштейн В.Г., 29, 89, 90	
Филатов Л.В., 91	
Фомичев В.В., 94	
Фурсяк Ю.А., 92	
Храмова Л.Г., 78	
Храпов Б.А., 77	
Цап Ю.Т., 93	
Чариков Ю.Е., 56, 95	
Черепанова Л.А., 52, 53	
Чернов Г.П., 94	
Чернов Я.О., 75	
Шабалин А.Н., 95	
Шарькин И.Н., 32, 96	
Шендрик А.В., 61	
Шиббаев И.Г., 36, 97	
Шимановская Е.В., 10	
Шрамко А.Д., 97	
Щерица О.В., 98	
Эйгенсон А.М., 99	
Якунина Г.В., 9, 10	
Яснoв Л.В., 20, 39	
Asenovski S., 44	