

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ГЛАВНАЯ (ПУЛКОВСКАЯ) АСТРОНОМИЧЕСКАЯ
ОБСЕРВАТОРИЯ

**СОЛНЕЧНАЯ
И СОЛНЕЧНО-ЗЕМНАЯ ФИЗИКА — 2017**

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

9 – 13 октября 2017 года

Санкт-Петербург
2017

Сборник содержит тезисы докладов, представленных на XX Всероссийскую ежегодную конференцию по физике Солнца «Солнечная и солнечно-земная физика — 2017» (9 – 13 октября 2017 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. председателя*), В.И. Абраменко (*КРАО*), В.М. Богод (*САО РАН*), И.С. Веселовский (*НИИЯФ МГУ, ИКИ РАН*), К. Георгиева (*ИКСИ-БАН, Болгария*), В.А. Дергачев (*ФТИ РАН*), Л.Л. Кичатинов (*ИСЗФ СО РАН*), 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*).

Лунная обсерватория для исследований климата в эпоху глубокого похолодания

Абдусаматов Х.И.

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

Тренд изменения величины солнечной постоянной квазидвухвекового цикла с ~1990 г. принял отрицательные значения. Земля, как ещё неуспевшая остыть благодаря термической инерции, отдает и далее будет отдавать большую энергию излучением в космос. Необходим непрерывный надежный контроль разности между среднегодовыми количествами поступающей на внешние слои атмосферы энергией солнечного излучения и уходящих обратно в космос суммарных энергий отраженного и собственного теплового излучения с погрешностью $\approx 0.1\%$, который может быть осуществлен только с поверхности Луны. Лунная обсерватория, защищенная четырьмя патентами РФ (№№ 2613048, 2591263, 164303 и 155044), представляет собой систему двух одинаковых специальных оптических телескопов-роботов СОТР-300К, устанавливаемых вдоль экваториальной зоны на противоположных краях Луны, удаленных от ее видимого центра на $\pm(80.9^\circ \pm 0.1^\circ)$. Система последовательно осуществит измерения уходящих в космос во все направления со всей внешней поверхности атмосферы удельных мощностей отраженного планетой солнечного излучения в диапазоне $\Delta\lambda=0.2-4$ мкм и исходящего собственного теплового излучения в $\Delta\lambda=4-50$ мкм и $\Delta\lambda=8-13$ мкм. Система функционирует как единый телескоп в ночное время в течение более 94% времени лунных суток и обозревает со всех ракурсов всю земную поверхность в диапазонах фазовых углов α от -170.9° до 0° и от 0° до $+168.8^\circ$ за период синодического лунного месяца. Лунная обсерватория впервые позволит наиболее надежно определять среднегодовые величины альбеда Бонда и собственного теплового излучения Земли, а также отклонения среднегодового энергобаланса Земли от равновесного состояния с погрешностью $\approx 0.1\%$ в течение более 11-летнего цикла Солнца, которые не могут быть получены никакими другими космическими методами их измерений. Она обеспечит и создания новой недостающей, крайне необходимой важнейшей фундаментальной базы высокоточных данных величины среднегодового энергетического дисбаланса планеты. Мониторинг вариаций уходящей энергии в окне прозрачности атмосферы позволит контролировать относительный вклад вариации концентрации парниковых газов в атмосфере в климатические изменения. Полученные данные позволят определять физические механизмы формирования, причины и закономерности изменений климата нашей планеты и разработать наиболее надежные методы его прогнозирования.

Сравнительный анализ погрешности мониторинга энергетического баланса Земли Лунной обсерваторией и орбитальными космическими аппаратами

Абдусаматов Х.И.

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

Приращение альбеда Бонда планеты на $+0.0003$ (0.1%) приведет к снижению температуры на ≈ 0.03 К. Поэтому крайне необходимо измерять среднегодовой энергетический дисбаланс планеты с погрешностью $\approx 0.1\%$. Только долговременная разность его приходных и расходных компонент определит источники и стоки энергии в системе поверхность-атмосфера. Измеряемая геостационарным спутником уходящих во все направления энергий отраженного и собственного теплового излучения планеты исходит от ограниченного объема системы поверхность-атмосфера, который имеет форму усеченного конуса. Излучения данного объема исходит от значимо большей площади поверхности, чем от площади вышележащих слоев атмосферы. Даже 14 спутников, равномерно распределенных вдоль экватора на геостационарной орбите, способны обеспечить покрытия поверхности только до широт $\pm 78^\circ$. Требуется построить теоретические модели для учета излучения, исходящего от невидимых полярных зон под всеми фазовыми углами. Аналогичные измерения солнечно-синхронным спутником проводится, когда солнечное излучение падает на поверхность практически под одинаковым фиксированным углом. Также создается теоретическая модель, которая описывает распределение интенсивности отраженного излучения во всех остальных направлениях в зависимости от типа поверхности, угла падения излучения, угла наблюдения и изменения сезонов. Погрешность этих методов находится на уровне $\sim 1\%$. КА в точке Лагранжа L1 системы Солнце-Земля может наблюдать всю поверхность планеты только в фазовом угле $\alpha=0^\circ$ и только в периодах, когда Луна не закрывает собой земной диск. Необходимо построить теоретические модели для учета излучения отраженного во всех остальных направлениях фазового угла. В Лунной обсерватории система из двух оптических телескопов-роботов, функционируя как единый телескоп, последовательно будет обзирать со всех ракурсов всю земную поверхность практически во всех диапазонах фазовых углов непрерывно в ночное время в течение более 94% времени лунных суток. Определяемые Лунной обсерваторией в течение более 11 лет однородные репрезентативные среднегодовые величины альбеда Бонда и собственного теплового излучения Земли будут почти на порядок точнее, чем определяемым любым орбитальным КА.

Комплекс систем защиты оптического телескопа от заряженных частиц лунной пыли

Абдусаматов Х.И.

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

Оптический телескоп снабжается выдвижным козырьком, размещаемым над его входным зрачком параллельно оптической оси, и устанавливается в специальной чаше, выполненной в виде перевернутого усеченного конуса, в центральной зоне которой предусмотрены крепления для его установки. При этом чаша, имеющие опорные ноги высотой по вертикали порядка 300 мм, должна быть выполнена так, что ее верхний уровень располагался на высоте более 1000 мм над ровной поверхностью. Нижний край входного зрачка оптического телескопа в горизонтальном положении трубы находится выше верхнего уровня данной чаши, а торцы трубы без козырька в вертикальной проекции не достигают верхней внутренней поверхности конуса. При этом внешняя поверхность чаши, внешняя поверхность входного зрачка и поверхность зеркал оптической системы покрыты электроизолированными электропроводящими оболочками, подключенными к блоку электропитания, расположенному в чаше, и имеющими электрический заряд с заданной частотой смены полярности, в частности, в зависимости от смены дня и ночи на данной поверхности Луны [1, 2]. При долговременных прецизионных фотометрических наблюдениях астрономических объектов, в том числе и Земли предлагаемый комплекс систем защиты оптического телескопа от заряженных частиц лунной пыли является наиболее эффективным для страховки и предохранения поверхности его оптических элементов как от опускающихся вертикально, так и от положительно заряженных частиц лунной пыли особенно в дневное время. В области лунного терминатора проведение наблюдений не предусмотрено.

- [1] Абдусаматов Х.И. Патент РФ №2613048 на изобретение «Оптический телескоп» // Бюллетень изобретений. 2017, №8.
- [2] Абдусаматов Х.И. Патент РФ №164303 на полезную модель «Устройство для защиты оптического телескопа от заряженной лунной пыли» // Бюллетень изобретений. 2016, №24.

Дисперсия магнитного потока по поверхности Солнца

Абраменко В.И.

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

Магнитограммы полного диска Солнца, полученные с помощью инструмента Helioseismic and Magnetic Imager (HMI), работающего на борту Solar Dynamic Observatory (SDO), были использованы для изучения режимов дисперсии магнитного потока в невозмущенной фотосфере. Продольная составляющая магнитного поля регистрируется каждые 720 секунд, размер пиксела составляет 0.5 угловых секунд, или 360 км на поверхности Солнца. Анализ проводится для двух магнитных сред: участок внутри корональной дыры (СН-зона) и участок внутри распавшейся хвостовой части активной области с хорошо выраженной супер-грануляционной структурой (SG-зона). Для каждой зоны анализируются по 120 магнитограмм в обе стороны от центрального меридиана, всего по 48 часов наблюдений. СН-зона кульминировала 3.01.2016, а SG-зона - 1.12.2015. Для выявления режима дисперсии, вычисляются два типа спектров: спектр смещений индивидуальных трассеров магнитного поля (ИТ-спектр), и спектр взаимных смещений в паре трассеров (ВСТ-спектр). Первый характеризует и турбулентную диффузию, и влияние крупномасштабной адвекции, а второй - только турбулентную диффузию. Анализ проводился отдельно для малых и для больших магнитных элементов. Подмножество малых (больших) элементов размером 3-100 (20-400) квадратных пикселей выявляется по порогу 20 (130) Гаусс. Таким образом, рассмотрено всего четыре набора данных и по два спектра для каждого. Исследования проведены для масштабов 1000-40000 с и 500-6000 км.

Оказалось, что для каждого набора данных, ИТ-спектр весьма близок к ВСТ-спектру, что позволяет заключить, что в исследуемом здесь интервале пространственных и временных масштабов, влияние крупномасштабных участков в поле скорости несущественно, и, таким образом, мы имеем дело с турбулентностью в инерционном интервале. Малые элементы в СН- и SG-зонах перемещаются статистически одинаково, т.е. показывают весьма близкие спектры смещений, из которых следует режим супер-диффузии со спектральным индексом $\gamma \approx 1.3$ и коэффициентом диффузии $K \approx 100 - 300 \text{ км}^2 \text{ с}^{-1}$.

Большие элементы в обеих зонах перемещаются медленнее, чем малые. В СН-зоне они малочисленны и показывают супер-диффузию с $\gamma \approx 1.2$ и $K = (62-96) \text{ км}^2 \text{ с}^{-1}$ на довольно узком интервале масштабов 500-2200 км. В SG-зоне большие элементы многочисленны и показывают два линейных интервала в спектре: первый соответствует суб-диффузии на масштабах (900-2500) км при $\gamma = 0.88$ и K , уменьшающемся от 130 до $100 \text{ км}^2 \text{ с}^{-1}$, а

для второго интервала (2500-4800) км выявлена супер-диффузия с $\gamma \approx 1.3$ и K , растущим от 140 до 200 км² с⁻¹.

Сравнение полученных результатов с опубликованными ранее показывает, что имеет место тенденция к насыщению профиля K с ростом масштаба, и выход на режим $K = \text{const}$ (т.е. режим нормальной диффузии) возможен на временных масштабах более одного дня. Однако, существовать столь долго могут только очень крупные магнитные концентрации потока в невозмущенной фотосфере, и к ним вряд ли будет применима одна из основных предпосылок данного метода - предположение о пассивном переносе магнитных элементов в турбулентном потоке. Необходимы разработки новых подходов и в теоретическом, и в вычислительном аспектах.

Особенности короткопериодических колебаний микроволнового излучения активной области Солнца перед вспышкой

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

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

²Национальный исследовательский университет Высшая школа
экономики, Нижний Новгород

Излучение микроволновых источников на частоте 17 ГГц над солнечными пятнами дает информацию о параметрах солнечной плазмы в областях с магнитным полем $B \sim 2000$ Г в переходной зоне между хромосферой и короной. Короткопериодические (с периодами в несколько минут) колебания микроволнового излучения активных областей (АО) Солнца отражают волновые процессы в магнитных трубках пятен.

В работе представлен анализ короткопериодических колебаний микроволнового излучения АО NOAA 12242 перед двумя вспышками 17 декабря 2014 г. Анализ выполнен на основе радиокарт Солнца, полученных на радиогелиографе Нобеяма с двумерным пространственным разрешением $10'' - 15''$ в нестандартном режиме синтеза с временным интервалом между изображениями и временем усреднения 10 секунд. Обнаружено, что примерно за 40–50 минут до вспышки M1.5 (00:57 UT) наблюдается усиление мощности колебаний микроволнового излучения с периодом чуть больше 10 минут. В тот же день примерно за 60 минут до вспышки M8.7 (04:25 UT) наблюдается усиление мощности 10-ти минутных колебаний. Обнаруженный эффект подобен выявленному ранее независимо двумя авторскими коллективами эффекту для 3-х минутных колебаний, а именно, за 15–20 минут до радиовсплеска, сопровождающего вспышку, наблюдалось резкое

увеличение мощности 3-х минутных колебаний. Эффект может быть интерпретирован как связь МГД-волн, распространяющихся вдоль силовой трубки пятна и началом солнечной вспышки.

Эволюция микроволнового излучения и магнитного поля активных областей Солнца перед вспышками класса X по наблюдениям на РАТАН-600 и SDO: обзор событий 2011-2015 гг.

Абрамов-Максимов В.Е.¹, Боровик В.Н.¹, Опейкина Л.В.²,
Тлатов А.Г.^{1,3}, Шрамко А.Д.¹, Яснов Л.В.⁴

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

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

³ Калмыцкий государственный университет, Элиста

⁴ СПбГУ, С.-Петербург, *e-mail: leonid.yasnov@mail.ru*

Представлен анализ активных областей (АО) Солнца, в которых в 2011–2015 гг. произошла первая (после ряда вспышек классов М и С) мощная вспышка класса X (по рентгеновской классификации), выполненный с целью выявления признаков подготовки такой вспышки по микроволновому излучению и магнитографическим характеристикам АО. Использованы результаты ежедневных многоволновых спектрально-поляризационных многоазимутальных наблюдений Солнца на радиотелескопе РАТАН-600 в диапазоне 1.7–4.5 см с высоким пространственным разрешением, а также наблюдения интегрального потока радиоизлучения Солнца на волнах 3.2 и 4.9 см (данные ГАС ГАО). Анализ магнитографических характеристик АО выполнялся по данным SDO/HMI по специально разработанной методике, позволяющей исследовать эволюцию горизонтального градиента магнитного поля в АО.

По радионаблюдениям было выявлено появление за 1–2 дня до вспышки и дальнейшее развитие нового компактного микроволнового источника вблизи нейтральной линии, который отождествлялся с местом усиления магнитного потока вблизи наибольшего сближения магнитных полей противоположной полярности. В некоторых случаях этот новый источник становился доминирующей компонентой в микроволновом излучении всей АО.

Одновременно для рассмотренных событий исследовалась эволюция горизонтального градиента магнитного поля в АО. Выявлена общая закономерность — во всех случаях X-вспышка происходила через 5–20 часов

после достижения суммарным градиентом по области своего наибольшего значения, на стадии его спада. Приводятся примеры, когда в момент достижения максимума градиента в определенной точке вблизи нейтральной линии регистрировалось максимальное сближение полей противоположной полярности, а затем, перед вспышкой — их взаимное удаление. Отмечено подобие эволюции величины максимального градиента перед вспышкой и интенсивности микроволнового источника, отождествленного с местом градиента.

Выявленные факты могут быть использованы при разработке методов прогноза сильных вспышек.

Новая - супрамолекулярная физика солнечно-земных связей в медицинской патологии

Авакян С.В.

Всероссийский научный центр «Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова»

Государственный научный центр «ЦНИИ робототехники и технической кибернетики»,

Санкт-Петербург, Россия

Предложен учёт микроволнового излучения из ионосферы, возмущённой при повышении солнечно-геомагнитной активности, в регулировании как генерации кластеров при конденсации паров воды в тропосферной облачности, так и ассоциатов из молекул жидкой воды в живом организме (в том числе, в составе физиологической жидкости). Тем самым вводится новая парадигма физики солнечно-земных связей при исследовании вариаций в погоде и климате, включая глобальное потепление, а также патологий здоровья человека, обостряемых в периоды гелиогеофизических возмущений.

В рамках вновь развиваемой – супрамолекулярной физики привлечены известные процессы формирования надмолекулярных образований с участием молекулы воды для гипотезы о возможности управления содержанием кластерных положительных ионов потоком квантов микроволнового излучения:

1) столкновительная диссоциативная рекомбинация кластерных ионов;

2) ассоциация молекул воды, когда процесс идет через добавление протона к прародительским молекулам благодаря их высокому сродству к протону. Образующиеся положительные ионы нейтрализуются захватом электрона на ридберговскую орбиталь.

Определена вероятность ассоциатообразования период мировой магнитной бури в скин-слое живого организма. В медицинской биофизике имеются косвенные данные об увеличении вязкости крови и агрегатоспособности эритроцитов в период геомагнитных бурь при патологии сердечно-сосудистого и мозгового кровообращения, усиления тяжести проявления ревматоидного артрита, а также роста числа новых заболеваний артритом в фазы наибольшей солнечно-геомагнитной активности в 11-летнем цикле.

Показано, что у обоих привлекаемых процессов (1) и (2) отсутствуют как энергетический порог соответствующих физико-химических реакций, так и помехи от вклада окружающего теплового фона («проблема кТ»), поскольку осуществляется кулоновское взаимодействие зарядов кластерного иона и нейтрализующего ридберговского электрона, а энергия возбуждения ридберговских уровней в атомах и молекулах при этом доходит до ~ 10 эв. Наконец, отсутствует и квантовый запрет в переходах с поглощением кванта микроволн $l \rightarrow l'$, где $l' = l + 1$, т.к. это чисто разрешённые электрические дипольные переходы.

Новая - супрамолекулярная физика солнечно-земных связей в метеорологических и климатологических проявлениях

Авакян С.В.

Всероссийский научный центр «Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова»

*Государственный научный центр «ЦНИИ робототехники и технической кибернетики»,
Санкт-Петербург, Россия*

Предложен и обоснован новый подход к двум основным проблемам физики солнечно-земных связей — в метеорологии-климатологии и медицинской биофизике. Для этого разработаны оригинальные механизмы управления ассоциатообразованием молекул воды под воздействием потока микроволн ионосферного происхождения. Учитывается, что ионосфера при повышении солнечно-геомагнитной активности, особенно в периоды солнечных вспышек и магнитных бурь, становится, согласно измерениям с наземных обсерваторий, источником такого излучения. С учётом этого

предложен новый подход к проблеме воздействия микроволнового излучения на окружающую среду (в том числе антропогенной природы): супрамолекулярная физика — это физика за пределами молекулы (молекулярного остова), в эволюции которой к сложным формам (кластерам, ассоциатам) принимает участие электромагнитное излучение внешнего происхождения, поглощаемое ридберговски возбуждёнными составляющими атомно-молекулярного комплекса с усилением его стабильности.

В докладе представлены количественные результаты расчёта вклада потока микроволн из ионосферы во время солнечных вспышек и магнитных бурь в тропосферную кластеризацию водяных паров. Показано, что этот канал образования оптически тонкой (разогревающей облачности) в период мировой магнитной бури является самым энергетически эффективным в солнечно — погодно-климатических связях, превышая вклад воздействия от ГКЛ в $\sim 10^4$ раз, а СКЛ — до $\sim 10^2$ раз. При этом получено, что учёт в рамках супрамолекулярной физики паров воды как основного парникового газа в тропосфере позволяет оценить совокупный вклад прошедшего векового максимума солнечной (1985/87 гг.) и геомагнитной (2003 г.) активности на современном этапе глобального потепления климата более чем в 45%.

Открытие явления в солнечной атмосфере: «депрессия полного потока излучения Солнца в периоды генерации релятивистских протонов солнечных космических лучей»

**Авакян С.В.^{1,2}, Никольский Г.А.³, Соловьёв А.А.⁴,
Гапонов В.А.²**

¹*Всероссийский научный центр «Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова»*

²*Государственный научный центр «ЦНИИ робототехники и технической кибернетики»*

³*Санкт-Петербургский государственный университет*

⁴*Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН
Санкт-Петербург, Россия
e-mail: avak@soi.spb.ru*

Обнаружен надёжный критерий факта появления солнечных космических лучей (СКЛ) релятивистских энергий: явление антикорреляции величины потока СКЛ на уровне земной поверхности — GLE (Ground Level Enhancements или Ground Level Events) и значения TSI (Total

Solar Irradiance), открытие которого состоялось недавно в ВНИИ ГОИ им. С.И. Вавилова [1]. Явление носит фундаментальный характер для физики Солнца и солнечно-земных связей. Оно свидетельствует об уменьшении потока электромагнитного излучения атмосферы Солнца в периоды ускорения в ней релятивистских протонов. Возможно использовать эти данные, в совокупности с данными прямых измерений, для прогнозирования мощных солнечных событий, в том числе для обеспечения безопасности межпланетных космических полётов [2]. Уменьшения (до 0,3%) величины TSI в периоды наблюдения СКЛ-GLE сопровождались падением потока в самой интенсивной линии EUV-спектра Солнца HeII (30.4 нм) по данным космических экспериментов SOHO/SEM — SDO/SolACES о вариациях потока излучения Солнца.

При сопоставлении данных за 1983–2009 гг. по регистрации TSI с событиями прихода к Земле СКЛ-GLE обнаружено, что около 85% случаев релятивистских СКЛ приходится на спад величины TSI.

- [1] Авакян С.В., Кавтрев С.С., Гапонов В.А. Солнечный контроль за глобальной облачностью // Материалы Всерос. науч. конференции «Проблемы военно-прикладной геофизики и контроля состояния природной среды», ВКА им. А.Ф. Можайского, СПб, 2016, 37-43.
- [2] Avakyan S.V., Gaponov V.A., Nicol'skii G.A., Solov'ev A.A., Possibilities of the forecast of generation of the high energy solar protons for the safety of Mars mission // Acta Astronautica, 2017, 135, 1, 187-191.

Циклическая активность запятненных звезд VY Ari и IN Com

Алексеев И.Ю.¹, Козлова О.В.¹, Горда С.Ю.²

¹Крымская астрофизическая обсерватория, Научный, Крым,
e-mail: ilya-alekseev@mail.ru

²Уральский федеральный университет, Екатеринбург

Представлены многолетние (40 лет для VY Ari и 34 лет для IN Com) *UBVRI* фотометрические наблюдения двух активных запятненных звезд, занимающих существенно разный эволюционный статус — молодая покинувшая стадию *T Tauri* переменная VY Ari и глубоко проэволюционировавшая звезда на стадии асимптотической ветви гигантов IN Com. Для обеих звезд видна аналогичная Солнцу пятенная активность, которая проявляется как во вращательной модуляции блеска звезды, так и в сезонных

изменениях кривой блеска. Для обеих переменных известна цикличность пятенной активности звезд с характерными временами 9 – 10 лет для *VY Ari* и 21 год для *IN Com*.

Мы впервые рассмотрели длительную спектральную переменность этих звезд в области эмиссионной линии H_α на основе наших наблюдений на ЗТШ КрАО и 1.20 метровом телескопе АО УрФУ. У *VY Ari* профили линии H_α характерны для неоднородной по длине хромосферы, качественно аналогичной солнечной, но существенно более плотной. Так, согласно нашим оценкам электронная плотность n_e в области $T = 10000\text{ K}$ изменяется от $1 \cdot 10^{10}\text{ см}^{-3}$ до $4.6 \cdot 10^{11}\text{ см}^{-3}$, достигая максимумов вблизи наиболее запятненных (активных) долгот. Параметры чистой эмиссии, такие как интенсивность, эквивалентная ширина EW , полная ширина линии на уровне континуума W_{em} и на высоте половины интенсивности $FWHM$, поток излучения в линии $L(H_\alpha)$ коррелируют с блеском звезды и возможно показывают цикличность с известным для запятненности характерным временем 9 – 10 лет.

IN Com окружена околозвездным газовым диском, кинематика и физика которого регулируется циклом активности с характерным временем около 21 года. В минимуме блеска наблюдается интенсивный звездный ветер, который «надувает» оболочку до радиуса около двух радиусов звезды ($R_* = 11R_\odot$). В ярком состоянии блеска (в минимуме пятенной активности) звездный ветер ослабевает и мы видим прежде всего твердотельно вращающийся неоднородный по длине оптически тонкий горячий диск с внешним радиусом около полутора звездных.

Гигантская корональная дыра 2015–2017 гг.:

I. Изменение площади и интенсивности

Андреева О.А., Малащук В.М., Ахтемов З.С.,
Жигалкин Р.К.

ФГБУН «Крымская астрофизическая обсерватория РАН» 298409,
Республика Крым, Бахчисарайский р-н., пгт. Научный,
e-mail: olga@crao.crimea.ru

Во второй половине 24 цикла продолжительное время на диске Солнца наблюдалась гигантская корональная дыра (ГКД). Время ее существования - 24 Керрингтоновских оборота (июнь 2015 – март 2017 гг.) В работе были исследованы вариации характеристик (площади и интенсивности) ГКД в процессе ее эволюции на трех высотах атмосферы Солнца. Исследования базируются на наземных и космических наблюдениях (изображения Солнца в инфракрасной линии HeI длина волны 1083 нм, полученные

на Универсальном спектрофотометре телескопа БСТ-2 «КрАО-РАН» и наблюдениях космических телескопов SDO в линии Fe XII (19.3 нм) и магнитограммах, полученных HMI в линии 617.3 нм).

- рост площади с момента зарождения ГКД составляет 8 Керрингтоновских оборотов, 11 оборотов площадь ГКД остается неизменной, с небольшими флуктуациями и 5 оборотов проходит от уменьшения площади ГКД до ее исчезновения.

- изменения площади ГКД с середины 2015 года по март 2017 года происходят почти синхронно в границах, определенных по магнитному полю на уровне фотосферы (по линии 617.3 нм) и по изображениям Солнца в линиях He I и Fe XII.

- уменьшение интенсивности в линии He I хорошо коррелирует с увеличением интенсивности в линии Fe XII.

- Границы ГКД, ограниченные силовыми линиями, полученными из потенциальной модели магнитного поля для выбранных высот, хорошо согласуются с границами ГКД, определенными по наблюдениям интенсивностей. Потенциальное магнитное поле вычислялось с помощью пакета программ SolarSoft PFSS (Potential Source Surface) для соответствующих высот образований линий He I и Fe XII.

Результаты этих исследований будут использованы нами далее для сопоставления с параметрами солнечного ветра и дальнейшего изучения влияния на околоземную космическую погоду.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ № 16-42-910467 p_a.

Вариации распределения геопотенциала в стратосфере в ходе форбуш-понижений галактических космических лучей

Артамонова И.В.^{1,2}, Елисеев А.В.³

¹ ГАО РАН, e-mail: artirin@yandex.ru

² ГГО им. А. И. Воейкова

³ ИФА им. А.М. Обухова РАН, e-mail: eliseev@ifaran.ru

В работе рассмотрены вариации распределения геопотенциала на основных изобарических уровнях стратосферы 100, 30, 10, 3 гПа в ходе короткопериодных вариаций потока галактических космических лучей — форбуш-понижений ГКЛ. Показано, что максимальные значимые отклонения геопотенциала наблюдаются в стратосфере над умеренными и высокими широтами Северного и Южного полушарий на 4-8 день после начала

форбуш-понижений. Обнаружена зависимость интенсивности барического отклика атмосферы от амплитуды форбуш-понижений. Дана оценка пороговых значений энергий частиц, выпадающих в областях обнаружения эффекта ГКЛ в вариациях распределения геопотенциала в стратосфере.

**Моделирование формирования и распространения
корональной ударной волны, связанной
с корональным выбросом**

Афанасьев А.Н., Егоров Я.И.

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

Солнечные эрупции часто сопровождаются возникновением крупномасштабных магнитогидродинамических (МГД) возмущений конечной амплитуды. Вследствие нелинейной природы такие возмущения могут быстро эволюционировать в ударные волны, которые ответственны за различные наблюдаемые явления в атмосфере Солнца, например, так называемые EIT волны, волны Мортон, радиовсплески второго типа. В настоящее время интенсивно обсуждаются вопросы эволюции корональных ударных волн, в частности, их формирование из начальных МГД возмущений конечной амплитуды. В работе проанализировано распространение корональной ударной волны быстрой магнитозвуковой природы в солнечной активной области с помощью численного МГД моделирования с использованием кода LareNd и проведено сравнение результатов с аналитическими исследованиями в приближении нелинейной геометрической акустики. Амплитуда волны уменьшается из-за расходимости волнового фронта и нелинейного затухания после образования разрыва. С другой стороны, амплитуда волны стремится возрасти вследствие спада альфвеновской скорости к границам активной области. Рассмотрены направления распространения энергии волны с учетом рефракции, и проанализирована интенсивность ударной волны.

**Гигантская корональная дыра 2015-2017 гг:
II. Магнитное поле и связь с активными
образованиями и вспышками**

Ахтемов З.С., Перебейнос В.А., Штерцер Н.И.

ФГБУН “Крымская астрофизическая обсерватория РАН”

Проведено исследование гигантской корональной дыры, существовавшей в 2015–2017 гг, на основе четырех видов наблюдений и трех пакетов программ. Определены площади корональной дыры на уровне фотосферы и проведено сравнение с площадями в короне. Найдено, что индукция магнитного поля корональной дыры в исследуемый временной интервал уменьшается в 13 раз. Поток энергии из корональной дыры растет в начале ее эволюции, а затем убывает и к концу рассмотренного периода достигает тех же значений, что и в начале. За время существования корональной дыры через нее в короне прошли две области повышенной активности — активные центры. В процессе развития в них возникали концентрические структуры. Кроме того общим для них было движение с запада на восток в корональной дыре и выход из нее. Это говорит о большей скорости вращения активных центров по сравнению с корональной дырой. Только в двух оборотах в начале и конце существования корональной дыры в ней происходили вспышки классов В, С и М. Определена высота, на которой магнитное поле корональной дыры становится преимущественно униполярным. Она меняется в пределах 1,08–1,1 радиуса Солнца. Аналогичная величина для активных образований внутри корональной дыры или рядом с ней находится в пределах 1.16–1.55 радиуса Солнца.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ № 16-42-910467 р_а.

**Физические условия в фотосфере и хромосфере
во вспышке 28 октября 2000**

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

Исследуется поведение мощной вспышки 28 октября 2003 года в максимальной фазе ее развития. Наблюдения выполнены с эшелным спектрографом. Выбранное место расположено вблизи сейсмического источника (Косовичев, 2006) и вблизи источника гамма излучения. Наблюдались балмеровские линии H_{α} , H_{β} , H_{γ} , H_{δ} , и D3 HeI и ряд фотосферных линий.

Магнитное поле в фотосфере было измерено по расщеплению профилей и по ширине профилей магнитных линий. Получена величина 300 гс для первого способа и 1000-1200 гс во втором случае.

По эшелюнным наблюдениям спектров рассчитана модель вспышки в области фотосферы и хромосферы. Для расчета модели хромосферы использованы профили линий H_{α} , H_{β} , H_{γ} , H_{δ} .

Получено, что в хромосфере имеются две конденсации с величиной плотности в них 1.E15 и 3. E17. Модель фотосферы получена по наблюдаемым профилям линий железа.

Развитие солнечных вспышек в различных длинах волн

Барановский Э.А.^{1,2}, Борисенко А.И.^{1,3}, Таращук В.П.^{1,4},
Шаховская А.Н.^{1,5}

¹Крымская Астрофизическая обсерватория, Научный, Крым

²e-mail: edward@crao.crimea.ru

³e-mail: sunw77@mail.ru

⁴e-mail: tarvera@mail.ru

⁵e-mail: anshakh@yandex.ru

Сравниваются изменения яркости и других параметров вспышек в различных диапазонах длин волн - в рентгене (RHESSI), в EUV и UV линиях 193Å, 171Å, 131Å, 1600Å (SDO AIA) и в H-альфа (BBSO). Для оценки интенсивности вспышки сделаны специальные программы для работы с FITS файлами. Измеряются общая энергия и площадь вспышки. Обнаружен ряд закономерностей и особенностей:

1) Через 15-25 минут после пика интенсивности жесткого рентгена (25-50 Kev) наблюдается максимум свечения в линии 1600Å.

2) Свечение в линии 131 Å всегда наблюдается позже свечения 1600Å, задержка может достигать 30 минут.

3) Свечение в линии 193 Å чаще всего наблюдается после 1600Å, но раньше 131Å.

4) Свечение в линии H-альфа обычно появляется во время импульса жесткого рентгена и продолжается до окончания свечения всех других линий. Однако, в одной из вспышек свечение H-альфа появилось только в конце свечения других линий

5) Некоторые вспышки обнаруживают 5-ти минутные колебания яркости в линиях 193Å и 131Å.

**Закономерности формирования КВМ
сопровождающихся и не сопровождающихся радио
всплесками II типа**

Биленко И. А.

*Московский государственный университета им. М.В. Ломоносова,
Государственный астрономический институт им. П.К.
Штернберга, Москва, e-mail: bilenko@sa1.msu.ru*

Рассмотрены закономерности формирования корональных выбросов массы (КВМ) сопровождающихся и не сопровождающихся радио всплесками II типа (РВII) в 23 и 24 циклах. Исследование показало, что КВМ сопровождающиеся РВII составляют отдельную популяцию КВМ. Их параметры значимо отличаются от параметров всех КВМ наблюдающихся за тот же период.

По данным распределений крупномасштабных магнитных полей на фотосфере рассчитаны значения магнитного поля в областях формирования РВII. На основе модельных представлений также получены значения плотности плазмы в областях генерации РВII. Рассчитанные значения магнитного поля и плотности плазмы сопоставлены с имеющимися наблюдательными данными. Поскольку частота РВII является функцией плотности плазмы в области генерации РВII, то были рассмотрены изменения плотности плазмы в областях генерации декаметровых РВII. На основе всех этих данных рассчитаны различные параметры плазмы в областях генерации РВII и получены зависимости их изменений в циклах солнечной активности.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что состояние крупномасштабного магнитного поля является одним из важных факторов определяющем условия в атмосфере Солнца, которые могут быть благоприятны или не благоприятны для формирования КВМ сопровождающихся РВII. Также показано, что параметры плазмы, в областях генерации РВII изменяются в ходе циклов солнечной активности. Причем эти изменения идут не плавно от минимума активности к максимуму, а определяются циклическими изменениями структуры и напряженности магнитного поля Солнца. Проведена оценка влияния различных параметров плазмы на формирование КВМ сопровождающихся и не сопровождающихся РВII.

Модификация радиоастрономического прогноза солнечной активности

Богод В.М.¹, Свидский П.М.², Курочкин Е.А.¹,
Шендрик А.В.¹, Эверстов Н.П.¹

¹ Санкт-Петербургский Филиал Специальной Астрофизической
Обсерватории РАН, Санкт-Петербург

² Институт прикладной геофизики имени академика Е.К. Федорова,
Москва

Результаты обработки многолетней базы данных регулярных солнечных наблюдений на РАТАН-600 в микроволновом диапазоне показывают, что возможна модификация критерия Танака-Еноме[1] для улучшения прогнозирования. Сравниваются результаты прогнозирования в микроволновом диапазоне с данными наблюдений в рентгеновском диапазоне спутника GOES и данными мониторинга SWPC. В зависимости от различных пороговых уровней критерия, меняется эффективность прогнозирования, которая также зависит от чувствительности приёмной аппаратуры в коротковолновом диапазоне и уровня солнечной активности.

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

[2] S. Kh. Tokhchukova, Astrophys. Bull. **66** (3), 379 (2011).

Магнитные поля и высоты переходной области атмосферы активных областей на Солнце

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

¹ Санкт-Петербургский Филиал САО РАН, Санкт-Петербург

² Санкт-Петербургский государственный университет,
Санкт-Петербург

Мы представляем метод определения номеров гармоник гирорезонансных слоев (ГРС) наиболее эффективно излучающих в переходной области атмосферы активных областей на Солнце. Он основан на определении частоты в спектре излучения необыкновенной волны активной области, на которой резко возрастает градиент этого спектра. Проанализирована по наблюдениям на радиотелескопе РАТАН-600 31 активная область. Магнитное поле в переходной области определялось по частоте перегиба в

спектре антенных температур на необыкновенной моде при условии излучения на 3 гармонике гирочастоты. Отношение напряженности фотосферного магнитного поля к напряженности магнитного поля в переходной области (1.52-2.38). По соотношению частот перегибов в спектре излучения на е- и о-модах выделено три класса источников, отличающихся упомянутым выше отношением напряженностей магнитного поля. Высоты переходной области определялись по реконструированному магнитному полю в нелинейном бессиловом приближении и находятся в диапазоне около 3 Мм.

Долговременная циклическая переменность красного карлика YZ CMi

Бондарь Н.И.

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

Анализируются результаты наблюдений вспыхивающей звезды YZ CMi (M4.5 Ve), с периодом вращения 2.77 суток и относящейся группе звезд с насыщенной активностью. Используются многолетние фотометрические данные, включая фотографические измерения, что позволило рассмотреть поведение среднего годового блеска на интервале более 80 лет, с 1926 г. по 2009 г. Обнаружен цикл длительностью 27.5 ± 1.2 года с амплитудой $0.2 - 0.3^m$. Фазы минимума (максимальной запятненности) составляют около 4 лет.

Состояние запятненности в отдельные сезоны рассмотрено по вращательной модуляции блеска. Соответственно значению амплитуды модуляции максимальная площадь пятен может достигать 21% полной поверхности звезды. Значение полной площади запятнения возрастет, если учесть пятна, равномерно распределённые по поверхности. Их присутствие следует из наблюдений в далёкой ИК-области (12 мкм), причём наблюдаемый большой ИК-избыток не связан с излучением околозвёздной пыли. Столь большая запятнёность этой звёзды отличает её активность от типичной для Солнца и других звёзд малых масс. Вторым отличием является проявление существования активных долгот. Пятна занимают оба полушария, но распределены по поверхности неравномерно с концентрацией на определенных долготах. Наблюдается смена активных долгот (возможный «flip-flop» эффект) с характерным временем 3–4 года, что соответствует циклу восстановления активной долготы около 6–8 лет. Это указывает на существенную роль крупномасштабного магнитного поля в формировании активности. Третье отличие следует из положения этой звезды на

диаграмме P_{cyc}/P_{rot} для активных G-M карликов и состоит в том, что за очень большую длительность цикла звезда совершает в десятки раз большее число оборотов, чем Солнце и даже другие быстровращающиеся звёзды с циклической активностью.

Таким образом, выявленные особенности активности этой звезды ставят новые задачи в теории генерации магнитных полей на звёздах.

О связи скорости солнечного ветра с площадью корональных дыр

*Цап Ю.Т.^{1,2}, Борисенко А.В.¹, Малащук В.М.¹,
Жигалкин Р.К.¹*

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

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

Исследована связь скорости солнечного ветра V с эволюцией крупномасштабной долгоживущей корональной дыры, наблюдавшейся с 2160 по 2190 кэррингтоновский оборот (2015-2017 гг.) на БСТ-2 КрАО РАН (HeI 10830 Å), SDO/AIA (193 Å) и ACE/SWEPAM. Показано, что наблюдаемое увеличение скорости V с ростом площади корональных дыры на низких и умеренных широтах ($\pm 40^\circ$) в области центрального меридиана ($\pm 20^\circ$) можно объяснить различным вкладом быстрой и медленной компоненты солнечного ветра, ускоряемого соответственно в областях с преобладанием открытой и закрытой конфигурацией магнитного поля. Обсуждаются физические следствия полученных результатов.

**Предвестники вспышки класса X в активной области
11515 по наблюдениям на РАТАН-600 и SDO**

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

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

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

³ Калмыцкий государственный университет, Элиста

Представлен анализ микроволнового излучения и магнитографических характеристик активной области (АО) NOAA 11515, в которой 6 июля 2012 г., после серии вспышек классов М и С, произошла первая большая вспышка класса X1.1. Исследование выполнено с использованием ежедневных спектрально-поляризационных многоволновых (в диапазоне 1.7–4.5 см) наблюдений Солнца на радиотелескопе РАТАН-600 с высоким пространственным разрешением и данных, полученных на космической обсерватории SDO/HMI. Представлена эволюция микроволнового источника, отождествленного с головной частью группы, где произошла вспышка X1.1. На основе данных SDO выполнены расчеты величины горизонтального градиента магнитного поля в АО и определены места нахождения максимального градиента в исследуемой области за период, предшествующий X-вспышке. Отмечено, что картина развития микроволновых и магнитографических характеристик активной области 11515 перед X-вспышкой отличается от типичного сценария развития предвспышечной ситуации, выявленного для большинства ранее исследованных областей в 2011–2015 гг., в которых также произошли большие вспышки класса X.

**Циклические вариации потоков солнечного излучения
в конце XX – начале XXI века. Гистерезис индексов
активности в сильных и слабых циклах на примере 22,
23 и 24 циклов**

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

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

² Институт прикладной геофизики имени академика Е. К. Федорова
(ИППГ), Москва, e-mail: kazachevskaya@mail.ru

Анализируется солнечная активность в 22, 23 и 24 циклах. Проведены оценки циклических вариаций числа солнечных пятен (SSN) и потоков излучения в различных спектральных диапазонах в сравнении с общим уровнем излучения Солнца, традиционно определяемым по потоку радиоизлучения $F_{10.7}$ на волне 10.7 см (2.8 ГГц). Сравнительный анализ вариаций солнечной постоянной и солнечных индексов в УФ-диапазоне, важных параметров для моделирования состояния земной атмосферы, в слабом 24 цикле (текущий 24-й цикл активности является самым слабым солнечным циклом более чем за последние 100 лет) и сильных 22 и 23 циклах показал относительные различия в амплитудах вариаций от минимума к максимуму цикла.

В 24 цикле сохраняется тенденция последних лет, связанная с заметным уменьшением вариаций солнечных пятен в 11-летнем цикле. Возможно, 25 цикл активности будет примерно равным или слабее, чем 24 цикл.

Рассмотрен эффект гистерезиса между индексами активности и $F_{10.7}$. Сравнение коэффициентов квадратичной регрессии на фазах подъема и спада циклов показывает существенное различие между ними в сильных (22 и 23 циклы) и слабых (24 и, возможно, 25 циклов). Это позволяет уточнить прогноз УФ-индексов, солнечной постоянной и фонового потока в диапазоне 0.1 - 0.8 нм в зависимости от коэффициентов квадратичной регрессии, различающихся как для сильных и слабых циклов, так и для фазы подъема и спада циклов.

Вариации потоков солнечного излучения вне вспышек (фоновое излучение) в коротковолновом диапазоне в 23 и 24 циклах

Бруевич Е.А., Якунина Г.В.

*Государственный астрономический институт
им. П.К.Штернберга, ГАИШ МГУ, Москва,
e-mail: red-field@yandex.ru*

Исследования в ультрафиолетовой (УФ) и рентгеновской областях солнечного спектра являются необходимыми при прогнозе состояния ионосферы Земли. К УФ-области спектра электромагнитных волн относится диапазон от 5 до 400 нм, излучение в диапазоне 0.1-0.8 нм относится к мягкому рентгену. УФ-фотоны поглощаются в верхних слоях атмосферы Земли, вызывают ионизацию и диссоциацию компонентов атмосферы, приводящих к образованию ионосферы. Солнечное УФ-излучение формируется в верхней хромосфере и переходной области, рентгеновское - в короне; потоки в этих диапазонах составляют сравнительно небольшую

долю в общем потоке излучения. Незначительные вариации излучения в этих диапазонах, связанные с появлением и исчезновением групп пятен в активных областях, с вариациями активности в солнечном цикле и крупными вспышками, вызывают заметные изменения ультрафиолетовых и рентгеновских индексов активности. Поток коротковолнового излучения вне вспышек значительно (в разы) изменяется в цикле активности и, естественно, связан с общим уровнем активности Солнца. Регрессионный анализ показал наличие тесной связи между фоновым излучением в отдельных линиях УФ-диапазона и фоновым потоком в мягком рентгеновском диапазоне.

Концентрации космогенных изотопов ^{14}C и ^{10}Be и природа 2400-летнего цикла

Васильев С.С., Дергачев В.А.

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

В земной атмосфере под действием космических лучей образуются космогенные изотопы ^{14}C , ^{10}Be , ^7Be и др. Скорость образования космогенных изотопов определяется несколькими факторами: интенсивностью первичных галактических лучей, уровнем солнечной активности, величиной магнитного поля Земли. В изменения концентрации и распределения изотопов вносят вклад процессы перемешивания в окружающей среде (атмосфере, биосфере и океане).

Важнейшими изотопами для изучения солнечной активности и климата являются ^{14}C и ^{10}Be . Изучение изменения концентрации изотопов во времени показало, что имеют место долговременные тренды. В данных по космогенным изотомам ^{14}C и ^{10}Be наибольшую амплитуду имеет долговременная составляющая, обусловленная изменением дипольного момента Земли с характерным временем около 10 тыс. лет. Кроме того, концентрации космогенных изотопов циклически меняются во времени. Наиболее известными долговременными циклами являются 2400-летний (Hallstatt cycle) и 210-летний (de Vries cycle). В данной работе будем обсуждать возможную природу ~2400-летнего цикла.

Радиоуглерод, распространяясь в атмосфере, захватывается растениями. Наибольший интерес представляет ^{14}C , попадающий в кольца деревьев. Кольца деревьев образуют хронологическую последовательность (хронологию), позволяющую датировать фрагменты древесины с точностью до одного года. К настоящему времени получена радиоуглеродная хронология INTCAL13 длиной в 50 тыс. лет (Reimer et al, 2013).

Главным параметром является относительная концентрация радиоуглерода. Наибольшую амплитуду на кривой изменения радиоуглерода от времени имеет циклический тренд, относительно которого происходят мелкомасштабные флуктуации относительной концентрации ^{14}C . Циклические вариации концентрации радиоуглерода имеют место из-за квазипериодического изменения магнитного поля Земли. Внимательное рассмотрение флуктуаций концентрации ^{14}C относительно тренда показывает, что время от времени появляются аномальные выбросы, которые повторяются, примерно, через равные промежутки времени. Среднее значение временного интервала составляет 2300 лет. Этот квази-период был обнаружен ранее при спектральном анализе и визуальном рассмотрении различных радиоуглеродных рядов (Suess, 1980; Sonett and Finney, 1990).

К настоящему времени был проделан обширный анализ по выяснению природы ~ 2400 -летнего цикла. В основном рассматривались три причины возникновения этого цикла: изменение климата, солнечная активность и вариации геомагнитного поля.

Недавно Usoskin et al. (2016) применили сингулярный спектральный анализ для сравнения данных по ^{14}C и ^{10}Be , которые формируются в природных архивах (кольцах деревьев, полярных ледниках) в результате различных климатических процессов. Их результаты исключают климатическую природу ~ 2400 -летнего цикла.

В нашей работе сравниваются два механизма возникновения ~ 2400 -летнего цикла в концентрации радиоуглерода: (1) в результате циклического изменения солнечного модуляционного параметра и (2) из-за вариаций геомагнитного поля.

На основании картины модуляции ~ 210 -летней цикличности на фоне ~ 2400 -летних изменений концентрации радиоуглерода делается вывод о предпочтении механизма возникновения ~ 2400 -летнего цикла под действием изменения дипольного момента Земли.

Реконструкция столетних рядов солнечной активности

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

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

² КалмГУ, Элиста

Выполнена оцифровка данных охватывающих период более 100-лет, состоящая из характеристик отдельных солнечных пятен, ядер, волокон,

флоккул и протуберанцев, а также созданы базы данных векторных границ и фотометрических свойств объектов.

База данных включает в себя оцифровку фотографических архивов ежедневных солнечных синоптических наблюдений. В том числе: магнитных полей солнечных пятен по зарисовкам обсерватории Маунт Вилсон 1917-2016 гг., солнечных пятен на фотопластинках Гринвичской обсерватории 1919-1972 и ГАС 1954-2016; флоккул в спектральной линии $CaIIK$ в период 1905-2016 по данным обсерваторий Кодайканал, Маунт Вилсон, Сакраменто Пик и ГАС ГАО; солнечных волокон, наблюдаемых в линии H_α , за период 1915-2016 по данным обсерваторий Кодайканал, Медон, Сакраменто Пик, Канцельхое и ГАС; протуберанцев, по данным наблюдений в линиях H_α и $CaIIK$, за период 1910-1944 гг., по данным обсерваторий Кодайканал, ГАС и зарисовок международной наблюдательной сети спектрогелиоскопов.

На основе полученных данных были определены характеристики отдельных видов солнечной активности. А также был создан интерактивный атлас солнечной активности, на котором представлены ежедневные и синоптические карты солнечной активности, характеристики отдельных элементов и сводные индексы солнечной активности. Реконструированы индексы солнечной активности и выполнен анализ.

60-летний цикл в климате Земли и динамике корреляционных связей между солнечной активностью и циркуляцией нижней атмосферы

Веретененко С.В.¹, Огурцов М.Г.^{1,2}

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

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

Временная изменчивость связей между состоянием нижней атмосферы и солнечной активности продолжает оставаться одной из нерешенных проблем солнечно-земной физики. В настоящей работе исследуются возможные причины данной изменчивости. Временной ход корреляционных связей между давлением тропосферы во внетропических широтах и характеристиками солнечной активности (СА), а также вариациями галактических космических лучей (ГКЛ) сопоставляются с колебаниями индексов циркуляции и аномалий глобальной температуры. Показано, что ~60-летние вариации, обнаруженные в амплитуде и знаке эффектов СА/ГКЛ

в интенсивности внетропического циклогенеза [1], коррелируют с аналогичными вариациями в аномалиях глобальной температуры и характеристиках крупномасштабной атмосферной циркуляции, в том числе с Арктической Осцилляцией. Результаты, полученные в работе, позволяют предположить, что характер влияния СА/ГКЛ на состояние нижней атмосферы зависит от эпохи крупномасштабной циркуляции. Изменение режима циркуляции сопровождается изменением знака корреляции между давлением тропосферы и характеристиками СА/ГКЛ. В свою очередь, эпохи циркуляции тесно связаны с состоянием циркумполярного вихря, формирующегося в стратосфере высоких широт. Приведены данные, свидетельствующие о 60-летней периодичности в интенсивности вихря и ее роли в физическом механизме солнечно-атмосферных связей.

[1] Веретененко С.В., Огурцов М.Г. // Геомагн. Аэрон., 2012, в. 52, р. 626.

Пространственно-временные изменения фотосферного магнитного поля

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

Рассмотрено пространственное распределение фотосферных магнитных полей по данным двух приборов Национальной солнечной обсерватории Китт Пик – KPVT и SOLIS, что позволило изучить изменение положительных и отрицательных магнитных полей за 4 солнечных цикла (с 1976 по 2017 гг.). Рассмотрены дисбалансы положительных и отрицательных потоков для полей с напряженностью $B > 50$ Гс в зоне пятнообразования (от 5° до 40°) и для полей $B < 50$ Гс для высоких широт (от 40° до 90°) отдельно для каждого полушария и для двух полушарий вместе. Показано, что имеется 22-летняя периодичность в изменении дисбаланса положительных и отрицательных магнитных потоков, и эта периодичность сохраняется на протяжении четырех солнечных циклов.

**Динамические характеристики колбы Фицроя
(штормгласе) различие для натуральной
и синтетической камфоры**

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

В течение 2012-2016 гг. проводились ежесуточные измерения DI – динамического индекса, определяющего уровень кристаллизации в растворе в колбе Фицроя (штормгласе) изготовленные по одной и той же технологии, но отличающихся происхождением камфоры. В одном случае это была аптечная синтетическая (рацематная) камфора, используемая во всех современных приборах, в другом – чувствительная оптически активная выделенная из

растения *Cinnamomum camfoга Sieh* (Германия), применявшейся в старинных приборах. В стандартных условиях поворот плоскости поляризации для раствора этой камфоры в этаноле составлял +43,0 градуса.

Колбы постоянно находились в одинаковых условиях температуры и освещенности. При просмотре накопленных данных было замечено, что измеряемый показатель DI в большинстве случаев изменяются синхронно. Однако, для некоторых интервалов времени были обнаружены существенные различия, иногда наблюдалась

антикорреляция.

В связи с этим для известных космофизических событий были проанализированы данные по нормированной разности DI показаний названных приборов (магнитные бури, границы секторов межпланетного магнитного поля). Выяснилось, что колбы с натуральной камфорой гораздо более чувствительны к вариациям космической погоды по сравнению с вариациями погоды метеорологической.

Обнаруженные различия возможно связано с повышенной чувствительностью раствора с натуральной камфорой к поляризованной компоненте электромагнитных полей магнитосферного происхождения.

**Тонкая структура циркуляции плотности тока в
активной области: кривизна Риччи и Лапласиана
Бохнера по магнитограммам SDO HMI**

Волобуев Д.М., Макаренко Н.Г.

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

Активная область на Солнце является сложным пространственным объектом, с сильно локализованными пиками магнитного потока. В данной работе мы используем подходы дискретной дифференциальной геометрии для вычисления кривизны Риччи и Лапласиана Бохнера по магнитограммам. Лапласин Бохнера вертикальной компоненты магнитного поля мы интерпретируем как прокси для циркуляции плотности тока. Мы показываем, что модуль плотности тока имеет выраженную волокнистую структуру, соответствующую модели слабой турбулентности.

Вековые вариации положения гелиосферного токового слоя

Вохмянин М.В., Золотова Н.В., Понявин Д.И.

*Санкт-Петербургский государственный университет, СПб,
e-mail: m.vokhmyanin@spbu.ru*

О среднем положении гелиосферного токового слоя (ГТС) относительно земной эклиптики можно судить по соотношению полярностей межпланетного магнитного поля (ММП). Мурсула обнаружил, что в течение последних четырёх циклов солнечной активности, ГТС был сдвинут в сторону южного полушария [1]. Это так называемый эффект скромной балерины (ГТС сравнивается с развевающейся юбкой). Ранее, используя данные геомагнитных наблюдений в Европе, мы восстановили секторную структуру ММП начиная с 1844 года [2]. Соотношение восстановленных положительной и отрицательной полярностей свидетельствует о сдвиге ГТС в сторону северного полушария в 13–19 циклах солнечной активности, и к югу — в 10–12 циклах. Схожие изменения наблюдаются в северо-южной асимметрии площадей пятен и в количестве полярных факелов.

- [1] Mursula K., Hiltula T. // Bashful ballerina: Southward shifted heliospheric current sheet, Geoph. Res. Lett., 2003, v. 30, p. 2135.
- [2] Vokhmyanin M.V., Ponyavin D.I. // Sector structure of the interplanetary magnetic field in the nineteenth century, Geoph. Res. Lett., 2013, v. 40, p. 3512–3516.

Солнечные протонные события и атмосферный водяной пар

Галкин В.Д., Никанорова И.Н.

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

30% энергии солнечного излучения остаются в земной атмосфере в результате взаимодействия с водяным паром, поэтому важно представлять, какое воздействие на атмосферный водяной пар оказывают различные проявления солнечной активности. В настоящей работе рассмотрено поведение атмосферного водяного пара во время солнечных протонных событий в 23 цикле солнечной активности. Использованы измерения содержания водяного пара в атмосфере, выполненные в Линденберге с помощью микроволновых радиометров в течение 23 цикла солнечной активности с временным разрешением десять минут. По данным работы Н. V. Cane et al. «A study of solar energetic particle events of 1997–2006» использованы данные о времени, продолжительности и интенсивности протонных событий. Изучено 146 протонных событий. Для самых энергичных событий (900 mev) наблюдается уменьшение содержания водяного пара порядка 5%, для событий с энергией 50-100 mev — порядка 1-2%.

Динамика течений и магнитных полей при зарождении биполярной группы солнечных пятен

Гетлинг А.В.¹, Бучнев А.А.²

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

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

Согласно популярной модели всплывающей трубки (МВТ), биполярная группа солнечных пятен возникает при всплытии Ω -образной петли силовой трубки магнитного поля, несущей большой магнитный поток, из глубин конвективной зоны. Главные пятна биполярной группы образуются в местах, где основания петли пересекаются с фотосферой. «Стратегическая» задача нашего направления работы – выяснение механизмов пятнообразования, «тактическая» – проверка адекватности МВТ как центрального звена этих механизмов. С этой целью здесь проведен анализ полновекторных магнитных полей и полей скорости, наблюдавшихся на

раннем этапе развития активной области (АО) 12548, 23–25 мая 2016 г., с помощью инструмента Helioseismic and Magnetic Imager (HMI) Обсерватории солнечной динамики (Solar Dynamics Observatory, SDO).

Момент зарождения магнитной биполярности удалось уловить с точностью до нескольких минут. На фоне относительно слабых полей хвостовой полярности и нисходящего потока возникает магнитный элемент головной полярности, который развивается как изолированное образование с фонтанообразной структурой поля. Между зародышами магнитных полюсов АО отсутствуют сильные горизонтальные магнитные поля и имеются перемешанные восходящие и нисходящие потоки с некоторым преобладанием нисходящих. Нет признаков растекания вещества от места, где согласно МВТ должна была бы выходить верхняя часть магнитной петли; напротив, в окрестностях растущей биполярной области сохраняется ненарушенная картина супергрануляционных течений. Наблюдаемый сценарий эволюции АО находится, таким образом, в резком противоречии с очевидными следствиями МВТ.

Физические характеристики полярной корональной дыры в сантиметровом диапазоне длин волн

Голубчина О.А.¹, Коржавин А.Н.¹, Нижельский Н.А.²,
Жеканис Г.В.², Бурсов Н.Н.², Цыбулёв П.Г.²

¹ *Санкт-Петербургский филиал Специальной Астрофизической обсерватории РАН*

² *Специальная Астрофизическая обсерватория РАН*

В работе представлены физические характеристики полярной корональной дыры (КД), полученные по данным наблюдений максимальной фазы солнечного затмения 29.03.2006 г. на волнах 1.03 см, 1.38 см, 2.7 см, 6.2 см, 13.0 см, 30.7 см на радиотелескопе РАТАН-600 методом «эстафеты».

Основные результаты исследования полярной КД в период минимума солнечной активности 29.03.2006 г.:

1. Получены распределения яркостных температур полярной области солнечной атмосферы на расстояниях (1.005–2.0) R_c от центра оптического диска Солнца с интервалами, равными сотым долям радиуса Солнца (R_c – радиус оптического диска Солнца).

2. Распределения яркостных температур с расстоянием от R_c до $2 R_c$ отчётливо показывают резкое падение яркостных температур на масштабах, равных сотым долям R_c от лимба Солнца, на волнах 13 см и 30.7 см,

что свидетельствует о регистрации полярной корональной дыры над северным полюсом Солнца.

3. На волнах 1.03 см, 1.38 см, 2.7 см резкого падения в распределениях яркостных температур не обнаружено, т.е. присутствие КД над северным полюсом Солнца на коротких волнах не зарегистрировано.

4. Совпадение яркостных температур сантиметрового диапазона (6–32) см крупных низкоширотных КД, наблюдавшихся на радиотелескопах БПР и РАТАН-600 в период минимальной солнечной активности (1973–1976 гг., 1984–1987 гг.), и полярной КД вблизи лимба Солнца (29.03.2006 г., РАТАН-600) свидетельствует об идентичности температурных свойств КД независимо от места их расположения на Солнце, а следовательно, и от способа их организации в период минимума солнечной активности.

5. Показано, что использование формулы Баумбаха-Аллена для вычисления электронной концентрации в полярной КД в период минимальной солнечной активности при моделировании яркостных температур Солнца от лимба до расстояний (1.4–1.6) $R_{\odot}$ от центра Солнца в сантиметровом диапазоне длин волн недопустимо.

Физические и МГД особенности поведения потока солнечного ветра в планетарном магнитослое

Гриб С.А.

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

Проводится анализ состояния потока солнечного ветра в планетарном магнитослое, как в стационарных, так и в нестационарных условиях обтекания магнитосферы Земли. Указывается на наличие множества плазменных магнитогидродинамических (МГД) разрывов, движущихся от Солнца к границе гелиосферы и влияющих на состояние межпланетного пространства и на планетарную магнитосферу. При этом выделяются часто наблюдаемые на космических аппаратах плазменные структуры с постоянным давлением. Приводится решение задачи о преломлении магнитной дыры в магнитослой перед магнитосферой Земли и указывается на непосредственные наблюдения подобных плазменных структур, часто именуемых диамагнитными плазмоидами. Рассматривается изменение структуры магнитной дыры при преломлении в магнитослой. Подчеркивается, что происходит преломление вихрей на фронте головной ударной волны с изменением их конфигурации и со смещением фронта. Кроме того, рассматривается асимметрия утро-вечер для фронта головной волны

и оценивается расход части энергии (до 15 процентов) приходящих разрывов вторичными МГД волнами, возникающими в магнитослое. Результаты теоретических расчётов сравниваются с экспериментальными данными аппаратов типа Cluster, THEMIS и Wind.

Полученные МГД результаты относятся к магнитослою перед магнитосферой Земли и перед планетой Меркурий.

Социальная нестабильность и космическая погода — сопоставление данных по XVII век. К 120-летию со дня рождения А.Л. Чижевского

Григорьев П.Е., Владимирский Б.М., Демарко А.В.

*Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского,
e-mail: grigorievpe@cfuv.ru*

Самые первые работы А.Л. Чижевского (1924, 1928), в которых устанавливалась связь социально-исторической динамики с вариациями солнечной активности, встречают до сих пор скептически-настороженное отношение. Отчасти это обусловлено тем, что в упомянутых работах использовались предположения и экстраполяции, которые в настоящее время представляются необоснованными. Результаты А.Л. Чижевского проверялись целым рядом отечественных и зарубежных авторов, в частности, А.А. Путиловым (1992), З. Эртелем (1996), А.В. Коротаевым и др. (2016) и нашли полное подтверждение. Однако, во всех случаях исходный материал для проверки ограничивался новым и новейшим временем. Остается неясным, насколько общей является закономерность, открытая А.Л. Чижевским. В настоящей работе сопоставление индексов космической погоды и показателей социально-исторической динамики проведено для более ранних эпох — до начала XVIII века. Для этого использовались следующие исходные данные: пулковский ряд реставрированных чисел Вольфа (Ю.А. Наговицын, М.Г. Огурцов, 2004), индекс военной активности А. Уилера, индекс социальной нестабильности П.А. Сорокина, специально составленный каталог эпизодов социальной нестабильности (использующий стандартные хронологические таблицы авторитетных исторических источников). За некоторыми исключениями результаты А.Л. Чижевского подтвердились: нарушения социальной стабильности «снизу» тяготеют к 11-летним максимумам солнечной активности; каждому крестовому походу максимум Чисел Вольфа предшествовал примерно за два года до его начала; повышенная солнечная активность сопровождала известными эпизодами иррациональной массовой жестокости — Варфоломеевская ночь, погром Новгорода Иваном Грозным (максимум 1571 г.), и т.п.

Роль токов в возникновении мощного импульсного выделения энергии

Григорьева И.Ю.¹, Лившиц М.А.², Мышьяков И.И.³

¹ Главная астрономическая обсерватория, С.-Петербург,
e-mail: irina.2014.irina@mail.ru

² Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения
радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН, Троицк, Москва

³ Институт солнечно-земной физики, Иркутск

Существуют несколько проявлений мощного импульсного выделения энергии на Солнце. Это либо контактные быстрые вспышки с жестким рентгеновским излучением, либо CME с EUV-волнами, либо изучаемые сейчас солнцетрясения (SQ). Вообще говоря, маркером этого выделения энергии может быть развивающийся источник жесткого рентгеновского излучения (ЖР). Однако он почти сразу возникает в одном, а за тем и в другом основании петли. Сигнал же на доплерограмме в случае мощных SQ может однозначно свидетельствовать о начале быстрой контактной вспышки. Для события 10 мая 2012 г. нами было показано, что в фотосфере абсолютная величина вертикальных токов (Jz) по обе стороны от нейтральной линии (NL) локального магнитного поля увеличилась непосредственно перед импульсом, а затем вернулась к прежнему значению. Ранее такой эффект отмечали Шарыкин и Косовичев (Sharikin, I.N. and Kosovichev, A.G., *ApJ*, 808(1), id. 72, 9 pp., 2015) во всей активной области (АО). Однако в нашем случае он выявлен лишь вблизи самого сигмоида, т. е. в небольшой области, предположительно отождествляемой с местом первичного импульсного выделения энергии. Здесь мы дополнительно рассмотрели события в другой АО 11302 24 и 26 сентября 2011 г., где явления в трех центрах активности (узлах) с пятнами были сильнее связаны друг с другом. Кроме того, анализ всего наблюдательного материала показывает, что значительное число слабых событий с измеримым ЖР (т. е. > 25 кэВ) излучением возникают во время фазы спада мягкого рентгеновского излучения от предшествующих мощных вспышек. Видно также, что слабые события возникают над NL поля в местах сближения Jz. Изучение наших случаев с SQ и качественное рассмотрение других 20 мощных SQ показывает, что изменение токов *над* и *под* NL (прямого и обратного токов) происходят в области, примыкающей к основному ядру вспышки. Это следует, например, из того, что соответствующий небольшой сигмоид наблюдается во многих случаях по магнитным данным. Эти результаты легче объяснить в рамках такой качественной картины, когда понятие магнитосферы АО вводится с охватом корональной конденсации в целом. Обычно, вся МГД-конфигурация стремится к случаю, когда пря-

мой и обратный ток скомпенсированы. Если по некоторым причинам это нарушается, то в некоторой точке в области сильных магнитных полей резко развивается неустойчивость тока (жгута) над NL. Это происходит на высотах в несколько тысяч км, то есть в верхней хромосфере. Одной из причин такого нарушения может быть всплытие нового магнитного поля в некоторой точке АО. Эта картина о расбалансировке токов в общем согласуется с предложенным недавно представлением в работе Liu и др. (Y. Liu, et al., 2017, eprint arXiv:1708.04411 от 15 августа 2017). Трудности состоят, во-первых, в выборе конкретной области для основания этой магнитосферы. Кроме того, наши результаты свидетельствуют о несколько большей роли самой амплитуды изменений тока J_z , чем о его закрученности – „фактором Q “, введенным Титовым в 2007 году (Titov, V.S., ApJ, 660(1), pp. 863-873, 2007). Разумеется, подтверждение используемой нами картины и рассмотрение конкретного вида неустойчивости заслуживают дальнейшего исследования.

Коррекция солнечных управляющих параметров Международной модели ионосферы и плазмосферы вследствие ревизии числа солнечных пятен

Гуляева Т.Л.¹, Арикан Ф.², Билица Д.³

¹ИЗМИРАН, Москва, 142190, г.о. Троицк, Россия,
e-mail: gulyaeva@izmiran.ru

²Department of EEE, Hacettepe University, Beytepe, Ankara 06800,
Turkey, e-mail: arikan@hacettepe.edu.tr

³George Mason University, Fairfax, Virginia and NASA, GSFC,
Greenbelt, Maryland, USA, e-mail: dbilitza@gmu.edu

В настоящее время возникла необходимость переоценки солнечных и ионосферных индексов в ионосферных моделях в связи с переходом с 1 июля 2015 г. на обновленный расчет ряда солнечных пятен SSN2 (Clette et al., 2015). Прямое использование нового ряда SSN2 приводит к увеличению погрешностей модельных расчетов и прогнозов, так как ионосферные модели построены на основе предыдущего ряда SSN1. С целью адаптации Международной справочной модели ионосферы и плазмосферы, IRI-Plas, к рекалибровке ряда солнечных пятен в нее введены 8 опций солнечных и ионосферных эквивалентов солнечной активности за период 1948-2017гг: (1) базовый ряд солнечных пятен SSN1, (2) обновленный ряд солнечных пятен SSN2, (3) поток солнечного радиоизлучения F10.7, (4) отношение MgII ядра к крылу ионов магния h и k в линиях 279.56 и 280.27 nm, (5) показатель эмиссии водорода в линии 121.6 nm

Лузан-а, (6) ионосферное полное электронное содержание ТЕС, (7) глобальное электронное содержание в ионосфере и плазмосфере GEC, (8) эффективный ионосферный индекс IG, выведенный по измерениям критической частоты foF2 сетью ионозондов. Измерения крайнего ультрафиолета в линиях EUV 24-36 nm и 0.1-50 nm, наиболее ответственного за ионизацию ионосферной плазмы, не включены в модель IRI-Plas вследствие их резкого уменьшения в 24м солнечном цикле по сравнению с 23м циклом, что не соответствует более умеренным изменениям других солнечных и ионосферных параметров за указанный период. Предложены формулы преобразования указанных индексов к уровню базового индекса SSN1, используемого для долгосрочного прогнозирования в моделях IRI и IRI-Plas. Обновленная модель IRI-Plas с указанными опциями солнечных и ионосферных управляющих параметров представлена на сайтах <http://ftp.izmiran.ru/pub/izmiran/SPIM/> и <http://www.ionolab.org/>. Работа выполнена при поддержке проекта TUBITAK EEEAG 115E915.

Планетарное распределение снижений геомагнитных порогов, обусловленных сильным возмущением магнитосферы

Данилова О.А., Тясто М.И., Демина И.М.

СПбФ СО РАН

В данной работе рассчитаны геомагнитные пороги в магнитном поле магнитосферы, описанном моделью Цыганенко Ts01 с учетом внешних источников поля и для поля, представленного только внутренними источниками с коэффициентами IGRF2000, интерполированными на 2003 год. Расчеты проведены по всей поверхности Земли по сетке $5^\circ \times 15^\circ$. Получено распределение жесткостей по всему Земному шару и произведено сравнение полученных результатов. Представлено снижение порогов, обусловленное учетом внешних источников поля. Произведена оценка их вклада в снижение порогов в пике очень сильной магнитной бури в ноябре 2003 г. при $Dst = -422$ нТ. Показаны области наибольшего падения жесткостей обрезания.

Изменение солнечной радиации и климатические эффекты на десятилетних – столетних шкалах

Дергачев В.А.

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

Орбитальная теория изменения климата ещё не позволяет объяснить размах многолетней изменчивости климата. Причины климатических эффектов, связанные с изменением орбитальных параметров на десятилетних – столетних масштабах до сих пор являются предметом научных дискуссий. Мы недостаточно хорошо изучили закономерности, которые управляют слабыми изменениями в солнечной радиации, в частности, влияние изменений прецессии земной оси на климат. Движением Земли вокруг Солнца и наклоном земной оси к плоскости этого движения определяются изменения климата в течение года – смена времён года.

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

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

Этот дополнительный естественный механизм изменения климата, связанный не только с мультитысячелетним, но и с многолетним изменением орбитальных параметров, даёт вклад в изменение климата в существующую эпоху.

Начальная стадия развития активной области по изображениям SDO

Дивлекеев М.И.

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

Известно, что фотосфера спокойного Солнца состоит из множества гранул, которые представляют собой низкие петли диаметром около 100 км и расстоянием между основаниями менее 700 км. Некоторые из них в полосе 160 нм SDO видны как яркие точки. Фотосфера активного Солнца содержит активные области (факелы, пятна, петли и волокна). Общепринято, что активные области образуются всплытием из конвективной зоны в фотосферу магнитных трубок.

В данной работе изучается начальная стадия развития факелов и пятен по изображениям инструментов AIA и HMI на SDO. Показано, что активные области формируются, вероятно, из тех же структур, которые уже существовали на фотосфере. Вследствие нестационарных процессов в верхнем слое конвективной области в фотосфере происходит усиление яркости некоторых супергранул и появляется магнитное поле противоположной полярности относительно фонового поля. При этом в западной части этой области напряжённость фонового поля увеличивается. Таким образом, факел, объединяющий нескольких супергранул, формируется биполярным магнитным полем. Затем в области факела возникают поры, которые со временем могут преобразоваться в пятна или исчезнуть.

Анализ временной структуры потока рентгеновского излучения Солнца на протяжении 22–24 циклов солнечной активности

Дмитриев П.Б.

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

На основе разработанного метода объединения многочисленных разрозненных во времени однотипных рядов измерений в единый средневзвешенный ряд по данным регистрации мягкого рентгеновского излучения Солнца в диапазоне длин волн от 1 до 8 Å монитором SEM (Space Environment Monitor) спутников серии GOES (Geostationary Operational

Environmental Satellites) [1, 2] синтезирован временной ряд почасовых данных солнечного рентгеновского излучения на протяжении последних трех циклов солнечной активности.

Путём усреднения данных этого ряда по четырём часовым интервалам из него были выделены среднесуточные «вспышечная» и «фоновая» составляющие, которые в дальнейшем при помощи метода построения комбинированной спектральной периодограммы были исследованы на предмет наличия квазипериодических осцилляций длительностью от нескольких дней до года.

Часть значений выявленных квазипериодов может быть объяснена как синодическим, так и сидерическим вращением Солнца, а остальные отражают средние времена «жизни» активных образований солнечной атмосферы (групп солнечных пятен, факельных площадок, взаимодействующих корональных петель).

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

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

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

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

Файнштейн В.Г.¹, Егоров Я.И.¹, Загайнова Ю.С.²

¹ *ИСЗФ СО РАН, 664033, г. Иркутск, а/я-291,
e-mail: vfain@iszf.irk.ru*

² *ИЗМИРАН, 108840 г. Москва, г. Троицк, Россия*

В поле зрения коронографов LASCO C2 и C3 определены временные зависимости положения и скорости тела быстрых лимбовых корональных выбросов массы (КВМ) и КВМ типа гало с источниками вблизи центра солнечного диска. Эти зависимости были сопоставлены с соответствующими кинематическими характеристиками связанных с КВМ ударных волн (УВ). Также были сопоставлены кинематические характеристики тела гало КВМ и связанных УВ, найденные в трехмерном пространстве. Установлено, что как для лимбовых КВМ, так и для гало КВМ, скорость тела

КВМ меньше скорости связанной УВ, и, в среднем, обе скорости уменьшаются с расстоянием (со временем). Это приводит к тому, что разность положений границы тела КВМ и УВ уменьшается со временем. В то же время, скорость УВ уменьшается со временем быстрее, чем скорость тела КВМ, в результате чего разность скоростей двух структур со временем уменьшается. Быстрота изменения скорости (положения) больше для гало КВМ по сравнению с лимбовыми КВМ. Поведение кинематических характеристик гало КВМ в трехмерном пространстве характеризуется теми же особенностями, что и для лимбовых и гало КВМ в поле зрения LASCO C2 and C3.

**Вариации характеристик углового распределения
ММП в зависимости от фазы солнечного цикла и типа
течения солнечного ветра**

Ерофеев Д.В.

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

При переносе солнечным ветром поперечных возмущений силовых линий ММП последние подвергаются воздействию крупномасштабных неоднородностей течения, которое проявляется в характеристиках углового распределения ММП, в особенности его асимметрии. При анализе измерений ММП, полученных в 1965-20014 гг. в околоземной гелиосфере, обнаружены следующие свойства углового распределения ММП: (1) вариации азимутального угла и наклона ММП заметно коррелируют, причем коэффициент корреляции изменяется с периодом Хэйловского цикла (22 года), его абсолютная величина максимальна в периоды низкой солнечной активности, а знак зависит от ориентации полярного магнитного поля Солнца; (2) асимметрия распределения наклонов ММП также изменяется с периодом Хэйловского цикла (22 года); (3) асимметрия распределения азимутальных углов ММП изменяется с 11-летним периодом и имеет наибольшие значения вблизи минимумов солнечного цикла; (4) асимметрии распределений азимутальных углов ММП в медленном солнечном ветре и в хвостовых частях высокоскоростных потоков систематически различаются.

Обнаруженные свойства углового распределения ММП объясняются кинематической моделью переноса поперечных возмущений силовых линий ММП: свойства (1)-(3) есть следствия присутствия широтного градиента скорости солнечного ветра в приэкваториальной зоне гелиосферы в периоды низкой солнечной активности, свойство (4) связано с существованием большого долготного градиента скорости солнечного ветра в хвостовых частях высокоскоростных потоков. Вывод о важной роли градиентов скорости солнечного ветра подтверждается также сравнением с измерениями КА Ulysses, сделанными при низкой солнечной активности в высокоширотных зонах гелиосферы, где градиенты скорости малы или отсутствуют.

Диссипация солнечных пятен

Живанович И.^{1,2}, Соловьев А.А.¹

¹ ГАО РАН, Санкт-Петербург, e-mail: ivanzhiv@live.com

² Санкт-Петербургский государственный университет,
С.-Петербург

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

Сравнение особенностей формирования корональных выбросов массы с разной максимальной скоростью

Загайнова Ю.С.¹, Файнштейн В.Г.²

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

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

Вопрос о том, в какой степени схожи или различаются механизмы формирования корональных выбросов массы (КВМ), регистрируемых в поле зрения коронографов с разной максимальной скоростью, остается открытым. В настоящей работе с целью накопления информации об особенностях формирования быстрых и медленных КВМ рассмотрены особенности формирования медленных КВМ (к таким условно отнесены КВМ, линейная скорость V_l которых в поле зрения коронографов LASCO меньше 700 км/с) и быстрых КВМ (со скоростью $V_l > 1500$ км/с). Для анализа использовались данные телескопов SDO/AIA и инструмента SDO/HMI, а также коронографов LASCO C2, C3. Установлены морфологические особенности формирования этих КВМ по наблюдениям в линиях крайнего ультрафиолета, построены пространственные профили скорости и ускорения фронтальной структуры КВМ. Кроме этого, с использованием векторных измерений фотосферного магнитного поля определены особенности изменения магнитного поля в области возникновения эруптивных событий до и после начала связанной с КВМ вспышки, и, в частности, особенности изменения характеристик магнитного поля в пятнах, формирующих активные области, в которых возникли КВМ. Сопоставлены особенности формирования исследованных медленных КВМ с особенностями генерации быстрых КВМ.

Незатухающие колебания электрического тока в корональных магнитных петлях и в аркадах магнитных петель

Зайцев В.В.

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

По данным спутника SDO были обнаружены поперечные кинк-осцилляции корональных магнитных петель, существующие в незатухающем режиме на протяжении интервалов наблюдений длительностью около 6 часов в канале 171 Å. Эти колебания не показывали какой-либо связи с эруптивными процессами, такими как солнечные вспышки или корональные выбросы масс, и наблюдались в 90% исследованных активных областей. Этот результат ставит два важных вопроса: 1) почему незатухающие кинк-осцилляции магнитных петель представляют собой достаточно общее явление в солнечной короне и 2) какой источник подпитывает эти колебания в течение длительного времени. Одна из возможных причин существования незатухающих кинк-осцилляций может быть связана с автоколебательным процессом, возникающим в результате «трения» между потоками фотосферной плазмы и магнитным полем петли. Мы обращаем внимание на еще один класс аналогичных явлений, именно, на существование незатухающих колебаний электрического тока в корональных магнитных петлях и в аркадах петель. Возможность незатухающих осцилляций или автоколебательного процесса связана в данном случае с наличием в основании корональной магнитной петли фотосферной электродвижущей силы, возникающей в результате «зацепления» фотосферной конвекции и магнитного поля петли. Эта фотосферная ЭДС играет роль отрицательного сопротивления в уравнении эквивалентного электрического контура и приводит к «мягкому» режиму возбуждения автоколебаний электрического тока. Найдены частота, амплитуда и фаза колебаний в зависимости от величины электрического тока и надкритичности фотосферной ЭДС. Рассмотрена возможность существования автоколебательных режимов в аркадах корональных магнитных петель. Работа поддержана грантом РФФИ №10-02-00091, а также грантом РНФ № 16-12-10448.

Фазовая асимметрия пятнообразования в XVII и XIX веках

Золотова Н.В.¹, Вохмянин М.В.¹, Арльт Р.²

¹*Санкт-Петербургский государственный университет,
Санкт-Петербург, e-mail: ned@geo.phys.spbu.ru;
m.vokhmyanin@spbu.ru*

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

В работах [1, 2] было высказано предположение, что запаздывание активности одного полушария относительно активности другого полушария

носит неслучайный характер и в среднем подчиняется вековой вариации. В данной работе проведена проверка этой гипотезы по историческим данным наблюдений за солнечными пятнами в XVII веке — наблюдения Галилео Галилея, Кристофера Шайнера и Яна Гевелия — и в XIX веке — наблюдения Генриха Швабе. Поскольку наблюдения в XVII веке довольно короткие, для оценки фазовых рассогласований между полушариями использован так называемый магнитный экватор. Показано, что смена лидера каждые 4 цикла, как предполагается в работе [3], не выполняется.

- [1] Zolotova, N.V., Ponyavin D.I., Marwan N., Kurths J. // *Astron. Astrophys.*, 2009, v. 503, p. 197.
- [2] Zolotova, N.V., Ponyavin D.I., Arlt R., Tuominen I. // *Astronomische Nachrichten*, 2010, v. 331, p. 765.
- [3] Muraközy J. // *Astrophys. J.*, 2016, v. 826 p. 145.

**Попытка извлечь косвенные данные о солнечном ветре
из наблюдений кометных хвостов
в минимуме Маундера**

**Золотова Н.В.¹, Сизоненко Ю.В.², Возмьянин М.В.¹,
Веселовский И.С.^{3,4,5}**

¹ *Санкт-Петербургский государственный университет,
Санкт-Петербург, e-mail: ned@geo.phys.spbu.ru,
m.vokhtyanin@spbu.ru*

² *Главная астрономическая обсерватория НАН Украины, Киев,
Украина, e-mail: sizon@tao.kiev.ua*

³ *Московский государственный университет, Москва*

⁴ *НИИ ядерной физики им. Д.В. Скобельцына, Москва*

⁵ *Институт космических исследований РАН, Москва,
e-mail: veselov@dec1.sinp.msu.ru*

В работе рассмотрен вопрос о том, действительно ли наблюдатели в XVII веке оставили исторические записи о наблюдении плазменных хвостов комет, которые позволили бы судить о физических параметрах солнечного ветра. Величина угла отклонения кометного хвоста от продолженного радиус-вектора кометы позволяет косвенно судить о типе кометного хвоста: плазменный или пылевой. Мы рассмотрели расчеты Ф.А. Бредихина, касающиеся 10 комет, 4 из которых были великими, появившихся в период минимума Маундера (1645–1715 гг.). Для этих комет он нашел

значение угла между осью хвоста и продолженным радиус-вектором кометы. Значения углов для рассмотренных комет превышают 10° , что характерно для пылевых хвостов. Также отметим, что визуальные наблюдения ионных хвостов комет весьма затруднены из-за спектрального состава их излучения. Это подтверждает наш вывод о том, что наблюдавшиеся в XVII веке кометные хвосты мало пригодны для дискуссии о физических параметрах солнечного ветра в прошлом.

**Форма 11-летнего цикл солнечной активности:
взрывная фазы и фаза затухания**

Иванов В.Г.

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

В работе исследуются связи между уровнем солнечной активности, и пространственными характеристиками зоны запятнённости. Показано, что вид этих связей различается на разных фазах 11-летнего солнечного цикла. Так, только на фазе спада цикла проявляется универсальная связь между уровнем активности, средней широтой и широтной дисперсией пятен, вид которой не зависит от предыстории развития цикла активности и его высоты. Анализируется предположение о том, что подобная связь обусловлена режимом диффузии тороидального магнитного поля. Предлагается вид параметризации формы цикла и кривой средней широты пятен, который корректно учитывает эту связь.

Эволюция магнитного поля Солнца разных масштабов в 21–23-м циклах

Ихсанов Р.Н., Иванов В.Г.

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН

Продолжены исследования широтно-временной эволюции магнитного поля (МП) с открытыми и замкнутыми конфигурациями [1]. Исходным материалом исследования послужили наблюдения фотосферного МП Солнца Стенфордской обсерватории и обсерватории Китт-Пик за 1976–2003 годы. Основное внимание уделено вопросам взаимосвязи крупномасштабных и локальных МП. С этой целью система замкнутых МП была разделена на ряд широтно-временных диаграмм с уменьшающимися масштабами и были рассмотрены их свойства. Показано, что в течение развития 21–23 циклов наблюдаются две широкие полосы МП разной полярности. Одна из них на диаграмме наибольшего масштаба МП переходит из высоких в низкие широты, а вторая, которая наблюдается на диаграмме наименьшего масштаба, напротив, из низких широт движется в высокие. Проводится обсуждение.

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

Нейтральный и ионизованный кальций в солнечных протуберанцах

Калинин А.А.

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

Ранее в работе [1] было предложено проверять применимость модели рассеяния в линиях кальция - предположения о полном перераспределении по частотам (ППЧ) или частичном перераспределении (ЧПЧ) - при моделировании спектра солнечных образований путем сравнения теоретических спектров и наблюдений. В данной работе проведено моделирование спектра излучения солнечных протуберанцев в линиях H и K ионизованного кальция, бальмеровских линиях водорода и линии 422.7 нм нейтрального кальция в предположениях как ЧПЧ, так и ППЧ. Результаты расчетов сравниваются с имеющимися в литературе наблюдательными данными. Качество и количество наблюдений линии 422.7 нм не дают возможности

уверенно сделать выбор в пользу моделей с ППЧ или ЧПЧ. Тем не менее модели с ЧПЧ в среднем предпочтительнее.

- [1] Ermolli I., Criscuoli S., Uitenbroek H., Giorgi F., Rast M. P. and Solanki S.K. // *Astrophys. J.*, 2010, v. 523, p. A55.

**О регистрации циклотронного излучения на 4-й
гармонике в микроволновых спектрах на РАТАН-600**

Кальтман Т.И., Богод В.М.

*Санкт-Петербургский Филиал САО РАН, Санкт-Петербург,
196140, Россия*

Спектральные поляризационные наблюдения радиисточников над солнечными пятнами ведутся на радиотелескопе РАТАН-600 регулярно. При детальном анализе спектров обнаруживаются новые эффекты. В данной работе мы обсуждаем проявление радиоизлучения 4-й гармоники гирочастоты в микроволновых спектрах, получаемых с 1% частотным разрешением в диапазоне 3-18 ГГц. Регистрация необыкновенной моды в коротковолновой части спектра сопоставляется с модельными расчетами излучения 1-5 гармоник гирочастоты на фоне теплового тормозного излучения флоккул, окружающих пятенную структуру активной области. Анализируются уярчение необыкновенной моды в коротковолновой части спектра, переломы в спектрах интенсивности излучения и поляризации, наличие минимума в функции зависимости размеров источников от частоты. Приводятся примеры интерпретации наблюдательного материала при обнаружении излучения 4-й гармоники гирочастоты.

Долготное изменение характеристик микроволнового излучения источников

Кальтман Т.И., Коржавин А.Н.

*Санкт-Петербургский Филиал САО РАН, Санкт-Петербург,
196140, Россия*

Направленность радиоизлучения солнечных активных областей влияет на регистрацию излучения активной области, на измерение ее размера, яркостной температуры и эффективной высоты излучения. Особенно сильно влияет изменение размеров источника при перемещении по диску Солнца из-за проекции на измерение яркостных температур при обработке одномерных сканов РАТАН-600. Необходимо различать зависимость наблюдаемых характеристик радиоизлучения от долготы источника и эффекты, связанные с эволюцией активной области. Два основных механизма теплового микроволнового излучения солнечной активной области – тормозной и циклотронный. Тормозное излучение слабо зависит от угла между магнитным полем и направлением распространения. Циклотронное излучение в первом приближении зависит от гелиодолготы источника по закону косинуса. В данной работе проведены расчеты, уточняющие эту зависимость. Для активной области с дипольным полем и стандартной моделью атмосферы рассчитаны спектры полного и поляризованного потоков микроволнового излучения для различных положений области на диске. Исследованы зависимости спектрально-поляризационных характеристик от величины и направленности магнитного поля. На основе анализа этих зависимостей предложены поправки к методике и интерпретации данных.

Влияние влажности на эволюцию циклонов во время геомагнитных возмущений

Караханян А.А., Молодых С.И.

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

По данным NCEP/NCAR reanalysis и геомагнитной активности проведен анализ влияния влажности на характер отклика температуры тропосферы на геомагнитные возмущения в минимуме солнечной активности. Показано, что в областях с повышенной удельной влажностью, по сравнению с нормой, наблюдается увеличение температуры в нижней и средней тропосфере при этом в верхней тропосфере температура уменьшается во время геомагнитных возмущений. Во время геомагнитных возмущений в

областях с пониженной удельной влажностью, по сравнению с нормой, наблюдается противоположная картина. Кроме того, во время геомагнитных возмущений происходит увеличение высоты тропопаузы в областях с повышенной влажностью и уменьшение в областях с пониженной влажностью. Отмечается, что во время геомагнитных возмущений изменения температурно-влажностных свойств воздушных масс внетропических циклонов могут привести к увеличению интенсивности и продолжительности жизни циклонов.

Особенности звёзд, где зарегистрированы супервспышки

Кацова М.М.¹, Низамов Б.А.^{1,2}

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

²Физический факультет Московского государственного
университета им. М.В.Ломоносова,
Москва, e-mail: tattaluban@yandex.ru

Обсуждается вспышечная активность звёзд по данным КА «Кеплер». Рассматриваются частота и энергия мощных нестационарных явлений на F, G и K звёздах. Анализируются физические характеристики звёзд, на которых выявлены супервспышки с энергиями $E > 5 \times 10^{33}$ эрг — спектральные типы, эффективные температуры, ускорения силы тяжести, радиусы. Показано, что эти звёзды располагаются широкой полосой в пределах данного спектрального типа, что отражает, главным образом, зависимость вспышечной активности от радиуса. Отмечено, что наибольшей активностью характеризуются K звёзды. Отдельно рассмотрены фундаментальные параметры звёзд, где зарегистрированы самые мощные вспышки с $E > 10^{35}$ эрг? Оказалось, что в эту группу, во-первых, входят одиночные звёзды, оптическая переменность которых обусловлена вращательной модуляцией, связанной с пятнами. Их радиусы, как правило, больше теоретических значений, которые им положены, если бы они находились на главной последовательности. Во-вторых, это F и G субгиганты (в их числе пульсирующие звёзды). Кроме того, это — компоненты затменных разделённых и полуразделённых двойных систем, двойных систем типа Алголя и др.

Таким образом, вспышки с энергией 10^{35} эрг и выше не зарегистрированы на обычных поздних карликах типа Солнца. Это означает, что

магнитные поля, наблюдаемые на таких звёздах, могут обеспечить мощные вспышки только с полной энергией не выше 10^{34} эрг. Для объяснения более мощных явлений необходимо привлекать другой режим теории динамо. Заметим, что, как правило, всё рассматриваемые звёзды солнечного типа быстро вращаются и являются достаточно молодыми объектами.

Наблюдательные проявления электрических токов в протуберанцах

Ким И.С., Алексеева И.В.

МГУ ГАИШ e-mail: iraida.kim@gmail.com

Приводятся усредненные значения величины продольного магнитного поля, основанные на измерениях I и V профилей Стокса в спокойных и активных протуберанцах. Отмечено, что эти значения, соответствующие нижнему пределу величины магного поля, превышают общепринятые, основанные на анализе эффекта Ханле, но ниже значений, цитируемых по наблюдениям в радиодиапазоне. Проводится сравнительный анализ поляризационных измерений излучения NE-протуберанца 29.03.2006г. в радиодиапазоне и в $H\alpha$. Двумерные распределения отклонений плоскости линейной поляризации от тангенциального к лимбу Солнца направления (угла χ и знака χ) для самой верхней части этого $H\alpha$ протуберанца, построенные нами, показывают, что значения χ соответствуют общепринятым значениям. Распределение по знаку χ выявляет существование «+» и «-» полярностей в исследуемой части протуберанца. Отметим отсутствие сообщений других авторов об аналогичных распределениях. Наличие свободных электронов в протуберанцах позволяет объяснить полученный результат существованием электрических токов, противоположно направленных и параллельных поверхности Солнца.

Межполушарные различия фрактальных характеристик цикличности солнечной активности

Киселев Б.В.

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

Проведен спектральный анализ месячных значений площади солнечных пятен. Выделены три диапазона периодов: диапазон одиннадцатилетнего цикла, диапазоны меньше и больше одиннадцатилетнего цикла. Обратным преобразованием восстановлены сигналы в указанных диапазонах для обоих полушарий солнца. Для восстановленных сигналов вычислены различные фрактальные характеристики - корреляционная размерность, корреляционная энтропия, средняя взаимная информация, показатель Хигучи, показатель Харста. Построены R/S - графики, фазовые портреты.

Сигнал в диапазоне менее солнечного цикла представляет собой фрактальный шум со степенной зависимостью с различными значениями показателя Харста ($H_n = 0.62$, $H_s = 0.41$). В диапазоне собственно солнечного цикла сигналы развиваются синхронно. В диапазоне более солнечного цикла наблюдается сдвиг сигналов. Показатель Харста - $H = 1.0$, что говорит о трендоустойчивости процесса.

Эксперимент по квазиоптической регистрации терагерцового излучения Солнца в Саянской солнечной обсерватории

Клочек Н.В., Машнич Г.П.

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

Исследования терагерцового (ТГц) излучения представляет значительный интерес для астрофизики, биологии, и уже имеют практическое применение. В начале 20 в. французские ученые Блондло, Шерпантье и др. изучали проникаемость различных материалов электромагнитными излучениями в широком диапазоне длин волн и обнаружили, например, что алюминиевая фольга пропускала неизвестное излучение с длиной волны около 0.2 мм (1.5 ТГц), которое регистрировалось с помощью люминесцентного индикатора. Условия проникновения электромагнитных волн в металлы в магнитном поле исследовались Гантмахером и Канером, Усиловым.

Для визуализации ТГц-компоненты излучения Солнца использовано явление электролюминесценции. Электролюминесцентная панель состоит из проводящей алюминиевой фольги, на которую нанесен слой люминофора в качестве чувствительной среды для прошедшего через фольгу излучения Солнца. Изображение Солнца фокусируется на алюминиевое покрытие, а свечение панели регистрируется с помощью веб-камеры. Изображение Солнца в ТГц-излучении получается после математической обработки последовательности изображений с веб-камеры.

Получены следующие результаты. При сравнении одновременно полученных изображений Солнца в ТГц-излучении и HMI/SDO магнитограмм были обнаружены схожие биполярные структуры (данные наблюдений 12, 14 июня 2017 г.). Это позволяет предположить, что ТГц-компонента солнечного излучения имеет биполярный характер после прохождения через алюминий. Зарегистрирована серия кадров (14.09.2016 г.) продолжительностью около часа, из которой удалось выявить активное явление, подобное корональному выбросу массы. Одновременно с этим слабый корональный выброс наблюдался в линии $171\text{\AA}$ по данным AIA/SDO. В той же области солнечной поверхности было отмечено небольшое поярчение в $\text{H}\alpha$.

Моделирование крупномасштабных магнитостатических солнечных корональных структур

Королькова О.А., Соловьев А.А.

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

Распределение плазмы в солнечной короне сильно неоднородно и определяется структурой и напряженностью коронального магнитного поля. Из наблюдательных данных известно, что для короны характерно наличие двух видов плазменных структур: с открытой и закрытой магнитной конфигурацией. К первому типу относятся корональные дыры, ко второму – такие солнечные образования как петли, шлемовидные структуры и т.п.

Для понимания природы корональной активности и развития возможностей предсказания ее поведения необходимо иметь в качестве основы некоторый набор теоретических моделей различных магнитоплазменных структур. В данной работе представлен новый метод расчета термодинамических параметров аксиально симметричных конфигураций по их магнитной структуре.

В известной статье [1] проводилось моделирование ряда крупномасштабных магнитостатических структур в солнечной короне. При этом для

расчета термодинамических параметров использовалось дополнительное предположение о политропической зависимости давления плазмы от ее плотности. Наш метод свободен от подобного рода произвольных гипотез. Для любой заданной наперед магнитной структуры мы можем точно рассчитать равновесные распределения давления, плотности и температуры в данной магнитной конфигурации.

В качестве примера нами рассчитан ряд крупномасштабных корональных конфигураций, близких к тем, что рассматривались в указанной работе Low. Как правило, в исследованных примерах при отклонении конфигурации от потенциального распределения возникают структуры, более плотные и холодные по сравнению с окружающей средой, что характерно для спокойных солнечных протуберанцев.

[1] Low B.C. // *Astrophys. J.*, 1984, v. 286, p. 772-786.

Квази-двухлетние вариации и характеристики циклов солнечной активности

Костюченко И. Г.

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

Исследован вклад групп солнечных пятен с различными пороговыми значениями площади в формирование квази-двухлетних вариаций (КДО) солнечной активности (СА) и 11-летних циклов СА. Анализ проводился для каждого из циклов СА с 12 по 23 и частично 24 на основе данных обсерватории Гринвич- научного центра Маршалла за 1874-2015 годы.

Оказалось, что вклад различных по размерам групп пятен в КДО и в цикл СА различается во всех циклах, причем процент больших групп (с площадью больше 500-1000 Msh) в КДО существенно выше, чем в среднем в цикле СА. Исследуется связь между соотношением разных категорий групп пятен в КДО и в цикле СА с амплитудой цикла СА и северо-южной асимметрией, а также характеристики хаотических вариаций, получаемые из спектров мощности временных рядов площадей солнечных пятен.

На основе полученных результатов делаются предположения о свойствах процесса, ответственного за формирование КДО, и о его связи с процессом, ответственным за генерацию 11-летнего цикла солнечной активности.

Пульсации Солнца: 43 года наблюдений в Крыму

Котов В.А., Ханейчук В.И.

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

Измерения лучевой скорости фотосферы Солнца в КрАО проводились — на Башенном солнечном телескопе им. акад. А.Б. Северного — ежегодно с 1974 г. по 2016 г. (в сумме 2449 дней, 14558 ч). Они показали, что в эти годы Солнце пульсировало с двумя периодами: $P_0 = 9600.606(12)$ с и $P_1 = 9597.930(14)$ с. Если колебание P_0 наблюдалось только первые 9 лет, то P_1 — почти все 43 года, и с сохранением начальной фазы.

Впервые периодичность P_0 была открыта у Солнца, затем — в вариациях блеска некоторых активных ядер галактик, в распределении периодов звёзд типа δ Щита, тесных двойных и эллипсоидальных двойных, осевого вращения солнечных планет и крупных астероидов, а также планетных орбит солнечной системы (при скорости света $c = 1$). Недавно обнаружено, что та же временная шкала P_0 «управляет» скоростями обращения сверхбыстрых экзопланет. Природа «всеобщего» космического P_0 -резонанса неизвестна, но предполагается, что она связана со слабыми космологическими колебаниями гравитационной постоянной, и подчёркнуто, что период P_0 связывает вместе выражения для энергий трёх фундаментальных сил природы: электромагнитной, гравитационной и слабой.

Указано, что биения двух солнечных колебаний, P_0 и P_1 , происходят с периодом 398.5(2.7) сут, совпадающим в пределах ошибки с синодическим периодом Юпитера 398.9 сут.

Некоторые особенности северо-южной асимметрии солнечной активности

Крамьнин А.П., Михалина Ф.А.

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

Исследуются особенности динамики широтно-долготного распределения северо-южной асимметрии числа солнечных пятен за период 1874–2012 гг. Северо-южная асимметрия числа солнечных пятен наблюдается во всех широтных и долготных интервалах, в которых развивается солнечная активность. При этом она несколько различается в высоких и низких широтах и разных долготных интервалах. Диаграмма широта-время для индекса северо-южной асимметрии напоминает крыло бабочки Маундера,

которое, чаще всего, выделяется по границе малых отрицательных значений индекса асимметрии с вкраплениями в эту область областей с большими отрицательными или положительными значениями индекса асимметрии. Широотно-долготные интервалы с большими по абсолютной величине значениями чаще всего наблюдаются в максимумы циклов активности Солнца или вблизи них. Долготная неоднородность индекса северо-южной асимметрии вблизи минимумов и максимумов циклов солнечной активности различается. Неоднородность широтно-долготного распределения северо-южной асимметрии числа солнечных пятен связана как со сдвигом циклических кривых северного и южного полушарий относительно друг друга, так и с антиподальностью активных долгот северного и южного полушарий.

О постоянстве поперечного сечения корональных магнитных петель

Зайцев В.В., Кронштадтов П.В.

Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород

Наблюдения корональных магнитных петель Солнца свидетельствуют о постоянстве поперечного сечения вдоль всей длины. Данный факт очень интересен, т.к. длина корональных магнитных петель может достигать несколько масштабов высот неоднородности атмосферы и, следовательно, давление может различаться на порядок на разных высотах в магнитной петле. В работе рассмотрен баланс сил в стационарной магнитной трубке с током. Решено гидростатическое уравнение баланса сил в условиях постоянства продольного электрического тока и сохранения потока продольной компоненты магнитного поля. Получены зависимости радиуса магнитной петли от высоты при различных значениях плазменного параметра в магнитной петле. Показано, что если газокINETическое давление внутри трубки мало по сравнению с давлением продольного магнитного поля, то толщина трубки не меняется с высотой в короне, что характерно для большинства наблюдаемых в короне магнитных петель. В противоположном случае, когда газокINETическое давление превышает давление продольного магнитного поля, толщина трубки увеличивается с высотой с масштабом удвоенной шкалы высоты неоднородной атмосферы. Увеличение толщины с высотой характерно для некоторых послевспышечных петель, отличающихся повышенными значениями температуры и концентрации плазмы.

**Реконструкция гелиосферного модуляционного
потенциала и чисел Вольфа на основе
радиоуглеродных данных с начала 11 по середину 19
века с учетом климатических изменений**

***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, Санкт-Петербург, e-mail: velendia@yandex.ru

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

В докладе представлены результаты реконструкции гелиосферного модуляционного потенциала и чисел Вольфа с начала 11 по середину 19 века на основе данных по содержанию ^{14}C в образцах известного возраста с учетом изменения климатических параметров. Этот временной интервал включает минимумы солнечной активности Оорта, Вольфа, Шпёера, Маундера и минимум Дальтона, а также Средневековый максимум солнечной активности. Так как изотоп ^{14}C образуется в атмосфере Земли под действием частиц галактических космических лучей (ГКЛ) высоких энергий, то данные по вариациям содержания космогенного изотопа ^{14}C в годовых кольцах деревьев дают возможность изучать изменения интенсивности галактических космических лучей, межпланетного магнитного поля и солнечной активности на тех временных интервалах, для которых отсутствуют данные инструментальных измерений. Интенсивность ГКЛ в гелиосфере не является постоянной, она модулируется вариациями солнечной активности. Как известно, модуляция ГКЛ в гелиосфере может быть описана гелиосферным модуляционным потенциалом. В ходе реконструкции этого потенциала и чисел Вольфа), необходимо учитывать климатические эффекты, влияющие на содержание радиоуглерода в земной атмосфере и кольцах деревьев. В докладе приводятся результаты расчетов модуляционного потенциала и чисел Вольфа с учетом такого влияния. При этом учитывается обмен радиоуглеродом между атмосферой, биосферой, гумусом, верхним и глубоким слоями океана. Работа частично поддержана грантом РФФИ 16-02-00090 и программой ПРАН № 7.

**К вопросу о возможном влиянии вариаций климата
на радиоуглеродные данные во время Позднего Дриаса**

Кудрявцев И.В.^{1,2}, Дергачев В.А.¹

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

² ГАО РАН, Санкт-Петербург, e-mail:

Данные по содержанию космогенного изотопа ^{14}C в годовых кольцах деревьев и в земной атмосфере, как известно, отражают изменение интенсивности Галактических Космических Лучей (ГКЛ), проникающих в атмосферу Земли. Вызвано это тем, что вариации солнечной активности приводят к изменениям интенсивности ГКЛ при их распространении в гелиосфере. Это, в свою очередь, позволяет использовать радиоуглеродные данные для изучения изменения активности Солнца в те эпохи, когда не проводились инструментальные наблюдения Солнца. Однако, изменения земного климата могут приводить к искажению информации о солнечной активности, извлекаемой из данных по содержанию ^{14}C в исследуемых образцах. В докладе рассматривается временной интервал 11-10 тысяч лет до нашей эры. На этот временной интервал приходился Поздний Дриас (Younger Dryas), во время которого наступило быстрое похолодание после длительного периода таяния ледников, связанного с повышением глобальной температуры в период дегляциации. Известно, что этот холодный период длился около одной тысячи лет и сменился теплым периодом с последующим переходом к Голоцену около 12 тысячи лет назад. В докладе анализируется возможное влияние изменения климата во время Позднего Дриаса на радиоуглеродные данные. Работа Дергачева В.А. была частично поддержана грантом РФФИ 16-02-00090.

**Реконструкция скорости генерации космогенного
изотопа ^{14}C в атмосфере Земли за период
17000-5000 лет до нашей эры.**

**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

Хорошо известно, что космогенный изотоп ^{14}C образуется в атмосфере Земли при взаимодействии галактических космических лучей (ГКЛ) с газовыми составляющими атмосферы. Интенсивность ГКЛ около орбиты Земли не остается постоянной во времени, а изменяется под действием солнечной активности. Данный факт позволяет использовать измеренные концентрации ^{14}C в кольцах деревьев и других природных архивов для изучения активности Солнца и космических лучей в прошлые эпохи, для которых отсутствуют данные прямых наблюдений солнечной активности (СА). Данные по содержанию изотопа в кольцах деревьев и в атмосфере Земли охватывают временной интервал в десятки тысяч лет. Однако существующие реконструкции скорости генерации данного изотопа, а, следовательно, и интенсивности ГКЛ, ограничиваются периодом Голоцена, для которого пренебрегают влиянием изменения климата на содержание радиоуглерода в исследуемых образцах.

В докладе мы рассматриваем реконструкцию скорости генерации изотопа ^{14}C в атмосфере Земли с начала периода дегляциации (≈ 17 тысяч лет до нашей эры) по середину Голоцена. При реконструкции учитываются такие основные факторы, как увеличение концентрации CO_2 в атмосфере во время таяния ледников, увеличение глобальной температуры и смена растительности в эпоху раннего Голоцена. В результате проведенных расчетов получена реконструкция скорости генерации изотопа ^{14}C в атмосфере для данного интервала.

Работа Кудрявцева И.В. и Наговицына Ю.А. была частично поддержана грантом РФФИ 16-02-00090 и программой ПРАН № 7.

Влияние рассеяния быстрых электронов на плазменных волнах на характеристики тормозного жесткого рентгеновского излучения

Кудрявцев И.В.

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

Нахождению параметров генерируемого во время солнечных вспышек жесткого рентгеновского излучения посвящено большое количество теоретических работ. Данное излучение, как известно, является тормозным излучением быстрых электронов. При нахождении параметров этого излучения производится учет изменения функции распределения быстрых электронов во вспышечной плазме, учитываются столкновения с частицами плазмы, изменение магнитного поля и концентрации плазмы. Однако

влияние взаимодействия быстрых электронов с плазменной турбулентностью может приводить к кардинальному изменению функции распределения быстрых электронов, что будет влиять на параметры генерируемого жесткого рентгеновского излучения. В докладе приводятся результаты расчетов параметров тормозного рентгеновского излучения быстрых электронов с учетом трансформации их распределения из-за взаимодействия с плазменной турбулентностью.

**Эволюция функции распределения ускоренных
в солнечных вспышках электронов с учетом
их рассеяния на плазменных волнах при учете
углового распределения электронов и плазмонов**

Кудрявцев И.В.^{1,2}, Ватагин П.В.¹

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

² *ГАО РАН, Санкт-Петербург*

К настоящему времени достаточно детально изучена динамика функции распределения ускоренных в солнечных вспышках электронов при их распространении во вспышечной плазме. При этом обычно учитываются столкновения этих электронов с частицами плазмы и пространственное изменение магнитного поля. Учет взаимодействия быстрых электронов с плазменной турбулентностью производится гораздо реже. При этом используется два крайних случая для описания углового распределения плазмонов - приближение одномерной или изотропной турбулентности. В реальности угловое распределение плазмонов может иметь более сложный вид. Кроме этого, рассеяние плазмонов на частицах плазмы приводит к изменению их углового распределения. В докладе приводятся результаты численного моделирования динамики функции распределения быстрых электронов с учетом их взаимодействия с плазменной турбулентностью при учете углового распределения электронов и плазмонов.

The Tilt, Twist and Current Helicity in Solar Active Regions

Kuzanyan K.M.¹, Kleorin N.², Rogachevskii I.², Tlatov A.G.³,
Zhang H.⁴, Yang Sh.⁴, Sokoloff D.⁵

¹IZMIRAN, Moscow, Russia, e-mail: kuzanyan@izmiran.ru

²Ben Gurion University of Beer-sheva, Israel e-mail: nat@bgu.ac.il

³Kislovodsk Mountain Observing station of GAO RAN, Russia
e-mail: tlatov@mail.ru

⁴National Astronomical Observatories of China, Key Laboratory for
Solar Activity, Beijing, China e-mail: yangshb@nao.cas.cn

⁵Moscow State University, Russia, e-mail: sokoloff.dd@gmail.com

We consider self-consistent mechanism of formation magnetic helicity and twist of solar magnetic fields in active regions due to the process of tilting sunspots in a rotating convection zone. We take into account the initial twisting of magnetic field due to the global solar dynamo mechanism and show that the amounts of helicity produced by the tilt effect during the rising phase of sunspots is comparable with the initial amounts of their helicity. Deriving the amounts of tilts we have noted the non-equatorially asymmetric part of it at a given phase of the solar cycle due to convection effect on global magnetic field difference with odd-even sunspot cycles.

We have also computed the amounts of magnetic helicity ejection from the solar convection zone towards the corona and further into the helio-sphere. We stressed the size-related dependence of the sign of the overall tilts and twists in magnetically bipolar structures of solar active regions and found that while the large active regions obey the Joy law, the smaller activity manifestations have the opposite signs of the average tilts and twists. The data over a century long systematic data series on the tilts of sunspots have been used. The data for the twists and current helicity of magnetic fields over more than two solar cycles have also been analysed, which confirmed the obtained theoretical predictions.

**Исследование связи источников пульсаций жесткого
рентгеновского излучения с магнитными полями
и электрическими токами во вспышечных областях
на Солнце**

Кузнецов С.А.¹, Зимовец И.В.^{2,3,4}

¹ Пулковская обсерватория, Санкт-Петербург

² Институт космических исследований, Москва

³ National Space Science Center, Beijing, China

⁴ International Space Science Institute, Beijing, China

Представлены результаты анализа динамики источников пульсаций жесткого рентгеновского излучения солнечных вспышек не только от пульсации к пульсации, как было выполнено в работе [1], но и от минимума к максимуму и от максимума к минимуму внутри отдельных пульсаций. Получены результаты оценки величины магнитного поля по данным магнитографов MDI/SOHO и HMI/SDO для пространственных участков, соответствующих положениям источников отдельных пульсаций жесткого рентгеновского излучения. Получены изображения вспышечных областей на Солнце в диапазоне ЭУФ- и УФ излучения по данным наблюдений солнечного телескопа AIA/SDO. Проведено сопоставление положений источников пульсаций вспышечного ЖР излучения с основаниями ультрафиолетовых петель и вспышечных лент. Обнаружено хорошее соответствие положений во вспышечной области этих объектов. Также проведены расчеты вертикальной компоненты электрического тока во вспышечных областях под рентгеновскими источниками. Получены наблюдательные подтверждения в пользу значительности эруптивных явлений в процессах генерации пульсаций жесткого рентгеновского излучения солнечных вспышек. Обсуждаются найденные наблюдательные закономерности.

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

Индукцированные квазипериодические пульсации на фазе спада солнечной вспышки

Куприянова Е.Г.¹, Кашанова Л.К.², Van Doorselaere T.³,
Chowdhury P.⁴, Srivastava A.⁵

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

²Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск

³KU Leuven, Leuven, Belgium

⁴University of Calcutta, West Bengal, India

⁵IIT-BHU, Varanasi, India

Квазипериодические пульсации (КПП), часто наблюдающиеся в излучении солнечных вспышек на разных стадиях их развития, несут полезную информацию о процессах выделения и переноса энергии. Мы представляем результаты анализа широкополосных КПП, наблюдавшихся на фазе спада мощной солнечной вспышки 29 марта 2014 года. Установлено, что источник КПП был связан с аркадой петель. Было обнаружено постепенное смещение центра яркости источника, видимого в области крайнего ультрафиолетового излучения, от одного края аркады к другому. При этом источник жесткого рентгеновского излучения совпадал с вершинами петель. КПП с периодом P 74–80 с найдены в жестком рентгеновском (3–25 кэВ) и микроволновом (15.7 ГГц) излучении вспышки, а также во временных профилях температуры и меры эмиссии. При этом, наблюдалась необычная фазовая задержка $\Delta\varphi$ пульсаций температуры по отношению к пульсациям меры эмиссии на 26–30 с, что составляет $\Delta\varphi \approx 0.3\text{--}0.4P$. Мы полагаем, что источником перечисленных особенностей является волна Мортонa, вызванная вспышкой, происшедшей в непосредственно близости аркады в 17:48:00.00 UT [1]. Проходя через аркаду, волна Мортонa последовательно повышала плотность в петлях аркады, инициируя медленные магнитозвуковые волны с указанным периодом.

[1] Francile C. // Solar Phys., 2016, v. 291, p. 3217.

Анализ скорости увеличения магнитного потока во всплывающих активных областях

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

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

В работе проведено исследование скорости нарастания магнитного потока 42 активных областей (АО). Для определения магнитного потока использовались магнитограммы продольного поля инструмента *Helioseismic and Magnetic Imager* обсерватории *Solar Dynamics Observatory*. Всплывающие АО отслеживались в течение 4-7 дней, последовательные изображения каждой АО, вырезанные из магнитограмм полного диска, тщательно выравнивались с помощью метода кросс-корреляции. В предположении, что магнитные поля являются нормальными к поверхности Солнца, проводилась μ -коррекция значений магнитного поля в пикселях. Полный магнитный поток $\Phi(t)$ рассчитывался как сумма плотностей магнитного потока в пикселях, умноженная на площадь одного пикселя в центре диска. Суммировались только пиксели, поле в которых по абсолютной величине превосходило порог 10 Гс. Затем проводилась фильтрация 24-часовой гармоник в кривой $\Phi(t)$. Для определения скорости нарастания магнитного потока численно рассчитывалась производная потока по времени $R(t) = d\Phi(t)/dt$.

Анализ кривых $R(t)$ для различных АО показал, что большинство АО можно условно разделить на две группы: 1) «быстро всплывающие» АО, которые характеризуются относительно коротким временем всплытия и большим относительным приростом магнитного потока за единицу времени, и 2) «постепенно всплывающие» АО, время всплытия которых в несколько раз превышает время всплытия АО из первой группы. Визуальный анализ магнитограмм всплывающих АО показывает, что «быстрый» режим характерен при всплытии единственного, хорошо сформированного магнитного диполя. «Медленно всплывающие» АО обычно показывают постепенное, разнесенное во времени всплытие нескольких диполей, которые впоследствии и формируют АО.

Работа частично поддержана грантами РФФИ 16-42-910493, 17-02-00049 и 17-42-92010.

Классификационные схемы солнечного ветра с использованием данных КА DSCOVR в 2016–17 годах

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

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

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

³ Физический факультет МГУ, Москва

Представлена бинарная классификация типов солнечного ветра по трём главным гидродинамическим параметрам: скорости, температуре и плотности. В пространстве этих переменных количественно выделяются границы восьми типов ветра: быстрого-горячего-плотного, быстрого-горячего-разреженного, быстрого-холодного-плотного, быстрого-холодного-разреженного, медленного-горячего-плотного, медленного-горячего-разреженного, медленного-холодного-плотного, медленного-холодного-разреженного. Эти типы встречаются с различной частотой и возникают вследствие разных проявлений солнечной активности. Проведён анализ совокупности данных с нового космического аппарата DSCOVR, запущенного в точку Лагранжа L1, за первый год работы с августа 2016 г. по июль 2017 г. Показано, что данная классификационная схема, будучи достаточно простой и наглядной, позволяет в ряде случаев выявить источники солнечного ветра (корональные дыры, КВМ), а также долговременные тренды [1]. Проводится сопоставление этой схемы с известными в литературе способами разбиения солнечного ветра на типы, которые основаны преимущественно на качественных соображениях.

- [1] Veselovsky I.S., Kaportseva K.B., Lukashenko A.T. // Workshop «Solar influences on the magnetosphere, ionosphere and atmosphere». Book of proceedings, Bulgaria, 2017, p. 24 (<http://ws-sozopol.stil.bas.bg/>).

Статистические свойства солнечного ветра в 2016–17 гг. по данным КА DSCOVR

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

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

³Физический факультет МГУ, Москва

Обсуждаются результаты статистического анализа данных по солнечному ветру вблизи орбиты Земли с КА DSCOVR за годовой период, начиная с августа 2016 г. Распределение ветра по плотности аппроксимируется логнормальным законом с максимумом при 4.7 см^{-3} и стандартным отклонением $SD = 3.0 \text{ см}^{-3}$, однако лишь приблизительно. Распределение по скорости имеет несколько пиков. Распределение по температуре может быть представлено как сумма двух логнормальных распределений с

максимумами в районе 15 и 190 тыс. К (и SD того же порядка величины, соответственно). Оценка параметров распределений производилась в пакете MATLAB.

Анализ данных, в том числе с применением кластеризации, показывает, что в указанный годовой период в солнечном ветре выделяются потоки двух разновидностей. Первая из них, холодный и медленный ветер, занимала около 25–27% по времени. Её распределение по скорости близко к нормальному со средним 340 ± 40 км/с, а плотность варьируется в широких пределах и распределена приблизительно логнормально с максимумом при 4.8 см^{-3} . Вторая разновидность, более высокотемпературная, существенно разнороднее по свойствам. Она имеет более сложное и «изрезанное» распределение как по скорости, так и по плотности.

Произведён анализ данных при усреднении за интервалы в 1 мин., 1 час, 1 сутки и 1 месяц. Усреднение производилось без весовых коэффициентов путём вычисления средних арифметических значений. Результаты свидетельствуют о том, что усреднение данных о солнечном ветре наряду с качеством информации играет ключевую роль при попытках количественной его классификации.

**Энергетические спектры и временные задержки
жесткого рентгеновского излучения различных классов
вспышек, зарегистрированных в эксперименте
Конус-Винд, RHESSI**

Лысенко А.Л.¹, Чариков Ю.Е.¹, Овчинникова Е.П.¹,
Шабалин А.Н.¹, Кузнецов С.А.²

¹ Физико-Технический институт им. А.Ф.Иоффе, РАН,
С.-Петербург, e-mail: Y.Charikov@mail.ioffe.ru

² ГАО РАН, Пулково

Приводятся результаты обработки рентгеновских данных, полученных в ходе экспериментов на спутниках Конус - Винд, RHESSI, GOES, привлекаются данные в УФ -области с аппарата AIA/SDO и наземных радиотелескопов. Детально обсуждается вспышка 08.07.2013 в 01:20 UT, рентгеновский класс M1. Энергетический спектр по данным спектрометра Конус прослеживается до 100кэВ, показатель спектра варьируется от 3.5 - 4 - на стадии роста и пика до 9 на спаде рентгеновского потока. По данным RHESSI в интервале от 6 кэВ до 100 кэВ отчетливо просматриваются - яркий одиночный источник и менее контрастный источник,

удаленный на 20 угловых секунд. Магнитограммы HMI/SDO в этой области обнаруживают 3-х пятенную структуру с возможным присутствием 2-х типов магнитных петель - низких с большой величиной магнитного поля и высоких протяженных, соединяющих более удаленные пятна. Яркий источник ЖР - излучения локализован в областях магнитного поля, образованного близлежащими пятнами с сильным магнитным полем, менее контрастный источник в другой петлевой структуре, образованной одним общим пятном и другим более удаленным. Подобного рода пространственная структура обнаруживается и в радиоданных на 17 ГГц и 34 ГГц. Спектр временных задержек по данным Конус-Винд в диапазоне 20 - 100 кэВ имеет U-образную форму, причем максимальная величина задержки составляет около 1с.

**KW-Sun: база данных солнечных вспышек,
зарегистрированных в эксперименте Конус-Винд
в жестком рентгеновском и мягком гамма диапазонах**

Лысенко А.Л.¹, Уланов М.В.¹, Кузнецов А.А.²,
Голенецкий С.В.¹, Флейшман Г.Д.³, Фредерикс Д.Д.¹,
Кашапова Л.К.², Олейник Ф.П.¹, Свинкин Д.С.¹,
Соколова З.Я.¹, Цветкова А.Е.¹, Аптекарь Р.Л.¹

¹ ФТИ им. А. Ф. Иоффе, Санкт-Петербург,
e-mail: alexandra.lysenko@mail.ioffe.ru

² ИСЗФ, Иркутск

³ Технологический институт Нью-Джерси, США

Конус — это российский инструмент на борту космического аппарата Винд, запущенный в 1994 году для наблюдения гамма-всплесков и солнечных вспышек. Космический аппарат расположен в межпланетном пространстве (с июля 2004 г. — около точки Лагранжа L1), так что инструмент наблюдает Солнце непрерывно. В течение более чем 22-х летней истории Конус-Винд (КВ) накопил уникальные наблюдения Солнца в жестком рентгеновском и мягком гамма диапазонах. Вспышки, зарегистрированные КВ в триггерном режиме, составляют базу, названную KW-Sun. Данные доступны по ссылке <http://www.ioffe.ru/LEA/kwsun/>. KW-Sun предоставляет кривые блеска с высоким временным разрешением (до 16 мс) и энергетические спектры в широком энергетическом диапазоне (в настоящее время ~20 кэВ–15 МэВ), что соответствует области нетеплового излучения электронов и ионов, ускоренных в солнечных вспышках. Новые наблюдения добавляются в базу сразу же по мере появления.

Мы представляем описание данных КВ по солнечным вспышкам, их возможности и ограничения и иллюстрируем использование данных КВ на примере некоторых интересных зарегистрированных событий. Также мы приводим статистические распределения таких параметров солнечных вспышек как пиковый поток, жесткость, длительность, вклад от излучения в гамма-диапазоне и т. д. за два солнечных цикла.

Новый веб-ресурс по физике Солнца: реконструкция трехмерной структуры солнечных вспышек и активных областей

**Цветкова А.¹, Алтынцев А.², Анфиногентов С.³,
Фредерикс Д.¹, Кузнецов А.², Лукичева М.⁴, Лысенко А.¹,
Моторина Г.⁵, Мышьяков И.², Ступишин А.⁴, Уланов М.¹,
Аптекарь Р.¹, Флейшман Г.⁶**

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

² ИСЗФ, Иркутск

³ Уорикский Университет, Ковентри, Великобритания

⁴ СПбГУ, Санкт-Петербург

⁵ ГАО РАН, Санкт-Петербург

⁶ Технологический институт Нью-Джерси, США

В докладе представлен новый веб-ресурс для трёхмерной реконструкции магнитного поля, тепловой плазмы и нетепловых электронов в солнечных вспышках и активных областях. Авторами разработан и поддерживается веб-сайт для хранения и обмена трёхмерными моделями, основанными на наблюдательных данных. Научная задача данного проекта заключается в получении новых фундаментальных знаний о магнито-тепловой структуре и выделении свободной магнитной энергии в активных областях Солнца. Указанная задача решается посредством создания реалистичных трёхмерных моделей замагниченной плазмы в короне и хромосфере над активными областями, согласующихся с многоволновыми наблюдениями Солнца. Модели и программные средства для моделирования, размещённые на веб-ресурсе, могут быть использованы для количественного анализа определённых активных областей и солнечных вспышек. База моделей является общедоступной и размещена по адресу http://www.ioffe.ru/LEA/SF_AR/. Дополнительно, веб-ресурс предлагает

доступ к полезным ресурсам по гелиофизике, в т.ч., к программному обеспечению, инструментам для моделирования, а также к базе данных солнечных вспышек, зарегистрированных в жёстком рентгеновском и гамма-диапазонах в триггерном режиме в российско-американском эксперименте Konus-Wind.

Дискретная математика в Солнечной Физике

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

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

² СПбГУ, С.-Петербург

Лекция посвящена методам анализа паттернов на дискретных носителях. Как измерить произвольное множество на пиксельном изображении? Как вычислить его площадь, периметр, кривизну? Как усреднять несколько цифровых изображений? Эти и подобные им задачи часто возникают в физике Солнца при моделировании наблюдательных данных о динамике магнитных полей. Такие данные чаще всего представлены цифровыми изображениями высокого разрешения, например, магнитограммами. Дискретная природа их носителей требует специальных методов анализа наблюдаемых паттернов. Так, статистика отсчетов магнитограмм отличается от гауссовской. Она имеет высокий куртозис и тяжелые хвосты. Следовательно, методы Пирсона основанные на дисперсиях становятся не эффективными. Наблюдаемые значения плотности потока на магнитограммах зависят от разрешения, в отличие от физической напряженности поля. Их математическим образом являются, так называемые токи Де Рама. В дискретном пространстве носителя не существует операции дифференцирования. Однако, можно построить аналоги такого оператора, для которого будет выполняться правило Лейбница. Конечно-разностные выражения для дивергенции и ротора не удовлетворяют теоремам Гаусса и Стокса. Соответствующие аналоги существуют, и основаны на понятиях когомологий. Интегрирование приходится проводить для конструктивных функций по финитной мере. Обычно для этого используют целочисленную характеристику Эйлера. Вариации цифровых функций можно оценить по формуле ко-площади. Площади компактных областей на магнитограммах вычисляются на основе теоремы Стокса для дискретных внешних форм. Мерой сложности может служить дискретная кривизна Риччи, основанная на формализме Формана - Бохнера-Оливье. В Лекции приводятся простые примеры, иллюстрирующие упомянутые математические понятия.

Роль эффекта Разина в генерации микроволнового излучения вспышечных петель

Мельников В.Ф.

ГАО РАН, Санкт-Петербург e-mail: v.melnikov@gao.spb.ru

В последние годы появляется всё больше свидетельств в пользу высокой плотности плазмы ($n_o=10^{10}-10^{11}$ см⁻³) внутри вспышечных петель. На это указывают различные методы современной диагностики, основанные на анализе данных ультрафиолетового и мягкого рентгеновского излучений вспышечных петель. Вместе с тем, очень часто в работах по микроволновой диагностике параметров ускоренных электронов во вспышечных петлях этот факт никак не учитывается, что приводит к значительным ошибкам в оценках как числа, так и показателя спектра ускоренных частиц. Это, в свою очередь, приводит к сильным разногласиям с результатами диагностики параметров частиц, выполненных по данным о жестком рентгеновском и гамма излучениях. В настоящей работе показано, что данные ошибки во многом определяются тем, что гиротронный спектр является очень чувствительным к величине отношения плотности плазмы к магнитному полю (эффект Разина). Приведены результаты модельных расчетов и результаты анализа данных современных микроволновых наблюдений, свидетельствующих о том, что в условиях реальных солнечных вспышек эффект Разина оказывает существенное влияние на интенсивность и наклон частотного спектра в диапазоне частот $f > f_{peak}$, на поляризацию и на пространственное распределение яркости микроволнового излучения во вспышечных петлях. В некоторых вспышках эффекты являются сильными даже на частотах 17 и 34 ГГц, на которых ведутся наблюдения на Радиогелиографе Нобеля. Отмечено, что учет эффекта Разина особенно актуален при проведении микроволновой диагностики по данным новых многоволновых радиогелиографов – Сибирском (SRH) и Китайском (MUSER). Связано это с тем, что диапазон частот их наблюдений существенно ниже, чем у Радиогелиографа Нобеля, и поэтому эффект Разина будет сказываться даже при заметно меньшей плотности плазмы во вспышечной петле.

Формирование петельных структур переходной области атмосферы Солнца

Мерзляков В.Л.

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

Изучена возможность существования переходной области атмосферы Солнца как совокупности разнотемпературных петель. Предлагается дрейфовый механизм формирования таких петель, который появляется вследствие временной переменности локального магнитного источника. Показано, что в случае локального источника, связанного с мезогрануляционной конвекцией, формируются невысокие петли с уменьшающимся со временем размером. При достижении высоты петли уровня переходной области она охлаждается. Когда температура петли понизится до $\approx 5 \cdot 10^5$ К в ней возникает ток незамагниченных протонов, который фиксирует размер петли и замедляет процесс охлаждения. Таким образом, ниже коронального уровня получаем набор петель одинаковой высоты и имеющих температуры от корональной до хромосферной.

Шлемовидная структура солнечной короны в эпохи минимума

Мерзляков В.Л., Старкова Л.И.

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

Исследовались геометрические параметры солнечных корональных шлемов. Анализировался минимум солнечной активности периода спада 23 и начала 24 солнечных циклов. Обнаружено качественно различные свойства исследуемых параметров между спадом и ростом активности, которые изменяются скачком на границе циклов. Так, степень отклонения оси шлема от радиального увеличивается на 50%, а средняя протяженность шлемов возрастает на 30%. Аналогичная картина имела место, согласно работам по корональным шлемам, и в другие эпохи минимума. Такие наблюдательные особенности означают, что в момент наступления нового цикла значительно меняется конфигурация коронального магнитного поля. А изменение его скачком указывает на то, что полярные магнитные поля не являются основным фактором в создании шлемовидной структуры короны Солнца.

Нелинейное уравнение Шрёдингера для осесимметричных мод солнечных магнитных трубок

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

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

Несмотря на имеющийся прогресс в описании волновых явлений в солнечной атмосфере, нелинейные свойства этих волн изучены мало. Предпринимавшиеся попытки были связаны со значительным упрощением задачи, когда магнитные волноводы моделировались плоским слоем, или не учитывалось газовое давление в уравнениях магнитной гидродинамики [1, 2]. Нами также в приближении ничтожной плазменной бета ранее был проведен вывод нелинейного уравнения Шрёдингера для радиальных мод магнитной трубки, применимого к описанию нелинейных колебаний корональных петель [3, 4],

$$i(u_t + V_g u_z) + \alpha u_{zz} + \delta |u|^2 u = 0, \quad u = u(z, t), \quad (1)$$

где групповая скорость V_g , коэффициенты уравнения α и δ выражены через характеристики моды и параметры магнитной трубки. Оказывается, алгоритм получения данного уравнения можно распространить на случай произвольной плазменной бета, что позволит получить уравнение, которое можно будет применить к волновым явлениям в плотных слоях солнечной атмосферы. Примеры волн большой амплитуды в хромосферных магнитных трубках, имеющие признаки уединенных волн, дают наблюдения последних лет. Полученные результаты мы планируем использовать далее при описании новых данных.

- [1] Накаряков В. М., Петрухин Н. С., Файнштейн С. М. // Письма в Астрон. журн., 1991, т. 17, № 11, с. 1008.
- [2] Nakariakov V. M., Roberts B., and Petrukhin N. S. // J. Plasma Phys., 1997, v. 58, p. 315.
- [3] Mikhalyaev B. B, Ruderman M. S. // J. Plasma Phys. 2015, v. 81, 905810611.
- [4] Mikhalyaev B. B, Ruderman M. S., Naga Varun E. // Geomagnetism and Aeronomy, 2016, v. 56, № 8, p. 1040.

**Комплекс малогабаритной аппаратуры
для мониторинга и диагностики корпускулярного
излучения Солнца**

*Моисеевко Д.А., Зимовец И.В., Журавлев Р.Н.,
Шестаков А.Ю., Шувалов С.Д., Шарыгин И.Н.,
Вовченко И.С., Вайсберг О.Л.*

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

Задача уверенного прогнозирования эффектов космической погоды еще далека от решения. Это связано как с ее принципиальной научной сложностью, так и с недостаточным количеством наблюдательных (экспериментальных) данных, доступных исследователям. Для создания систем оперативного контроля космической погоды, в частности, необходимы одновременные измерения корпускулярного излучения Солнца (солнечного ветра и энергичных частиц – СКЛ) во множестве различных точек гелиосферы. В случае прогнозирования космической погоды вблизи Земли, необходимы одновременные измерения как внутри, так и вне ее магнитосферы на различных расстояниях от поверхности планеты.

Это возможно сделать только с помощью комплексов научно-измерительной аппаратуры, установленных на различных пространственно-разнесенных космических аппаратах. При этом, важно, чтобы получаемые экспериментальные данные были хотя бы отчасти унифицированы, измерительная аппаратура единообразно откалибрована. Этого можно достичь, если на различные космические аппараты устанавливать аналогичные комплексы научно-измерительной аппаратуры, прошедшие унифицированную систему контроля качества, калибровки, тестирования. Если, к тому же, эти комплексы имеют малые массово-габаритные характеристики (т.е. миниатюризированы), то их можно ставить как дополнительную (попутную) нагрузку на широкий спектр космических аппаратов (включая микроспутники) с различными орбитами, и, тем самым, создавать обширную сеть измерительных станций и зондов космической погоды – аналогично разветвленной сети метеорологических станций и многочисленных метеозондов. Разрабатываемый комплекс приборов нацелен на решение проблемы мониторинга корпускулярного излучения Солнца и прогнозирования неблагоприятных (катастрофических) событий космической погоды в околоземном и межпланетном космическом пространстве с целью минимизации урона, причиняемого такими событиями наземной и космической технике, здоровью космонавтов и биологических объектов на борту космических аппаратов и станций.

Задачей, на решение которой направлен наш проект, является разработка аппаратных средств диагностики корпускулярного излучения Солнца

ца, а также методов для мониторинга негативных (катастрофических) эффектов космической погоды. В качестве диагностических средств мы предлагаем концепцию компактного комплекса научно-измерительной аппаратуры, включающий базовый набор миниатюрных приборов для детектирования солнечного корпускулярного излучения: (1) анализатор ионов солнечного ветра (0.5–10 кэВ); (2) анализатор электронов солнечного ветра (30 эВ — 10 кэВ); (3) телескоп солнечных энергичных частиц (электроны с энергиями 0.1–10 МэВ, ионы 1–100 МэВ/нуклон).

В докладе представлены результаты компьютерного моделирования электронно-оптических и детекторных схем приборов, входящих в комплекс научно-измерительной аппаратуры, а так же обсуждаются методы диагностики и мониторинга негативных (катастрофических) эффектов космической погоды.

Диагностика плазмы и магнитного поля над вспышечной петлей методом прямой подгонки

Моргачев А.С.^{1,2}, Мельников В.Ф.¹

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

² Научно-исследовательский радиофизический институт ННГУ им.
Н. И. Лобачевского, Нижний Новгород, e-mail: v.melnikov@gaospb.ru

Как известно, на пути распространения микроволнового излучения солнечной вспышечной петли может возникнуть область с квазипоперечным магнитным полем, в которой при определенных значениях концентрации плазмы, напряженности и градиента направления поля возникает взаимодействие и обмен энергией обыкновенной и необыкновенной мод электромагнитных волн [1]. Данный эффект - эффект квазипоперечного распространения (КПР) - приводит к изменению в некотором диапазоне частот степени поляризации наблюдаемого радиоизлучения вспышки, при этом не оказывает никакого влияния на его поток. В данной работе предложен метод диагностики параметров плазмы и магнитного поля в области возникновения эффекта КПР по микроволновым наблюдениям с высоким пространственным разрешением. Метод основан на восстановлении параметров вспышечной петли, используя алгоритм прямой подгонки [2, 3], дальнейшем расчете степени поляризации микроволнового источника с найденными параметрами и сравнении расчетных и наблюдаемых значений поляризации. Проведено исследование точности и эффективности метода на модельном вспышечном радиоисточнике.

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

**3D-моделирование микроволнового излучения события
5 июля 2012 г. с положительным наклоном
миллиметрового спектра**

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

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

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

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

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

Исходя из результатов, полученных ранее благодаря многоволновым наблюдениям события 5 июля 2012 г. [1], проведено 3D-моделирование микроволнового излучения вспышечной петли с растущим миллиметровым спектром. Модель основывается на предположении, что наблюдаемое на на РТ-7.5 МВТУ им. Баумана [2] увеличение миллиметрового излучения с частотой между 93 и 140 ГГц обусловлено излучением ускоренных электронов в области хромосферы [1]. Показано, что спектр сантиметрового излучения с пиком около 10 ГГц и миллиметровый спектр вспышки могут определяться нетепловым гиротронным излучением, которое генерируется соответственно в корональной и хромосферной части магнитной арки. Особое внимание уделяется обсуждению предполагаемого жесткого показателя спектра высокоэнергичных электронов ($\delta = 2 - 3$) и больших (~ 1000 Гс) значений магнитного поля в хромосфере.

- [1] Смирнова В.В., Цап Ю.Т., Шумов А.В., Моргачев А.С., Моторина Г.Г., Рыжов В.С., Жаркова Н.А., Нагнибеда В.Г. // Наука и образование. Электронный журнал., 2016, N. 12. P. 85-97
- [2] Шустиков В.Ю., Шумов А.В., Рыжов В.С., Жильцов А.В. // Инженерный журнал: наука и инновации., 2012, № 8.

Соотношение и эволюция тепловой и нетепловой энергии в «холодной» солнечной вспышке

Моторина Г.Г.¹, Флейшман Г.Д.², Контарь Э.П.³

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

² Center For Solar-Terrestrial Research, New Jersey Institute of Technology, Newark, NJ 07102, USA, e-mail: gfleishm@njit.edu

³ School of Physics and Astronomy, University of Glasgow, G12 8QQ, Glasgow, Scotland, UK, e-mail: Eduard.Kontar@glasgow.ac.uk

Солнечные вспышки - спорадические взрывные процессы, происходящие в солнечной атмосфере вследствие магнитного пересоединения, вызывающие нагрев плазмы и ускорение заряженных частиц. Свободную магнитную энергию, выделяемую во время вспышек, можно разделить на тепловую, нетепловую и кинетическую энергии, соотношение между которыми в общем случае неизвестно. В части вспышек наблюдается эффект Ньюперта, который состоит в том, что поток нетеплового излучения пропорционален производной по времени от потока мягкого рентгеновского излучения (РИ). Однако, наличие такой взаимосвязи не означает автоматически, что нагрев плазмы производится только за счет потерь энергии ускоренных электронов. В настоящей работе рассматривается «холодная» солнечная вспышка 5 ноября 2013 г., для которой тепловой отклик был настолько слабым, что разумно было предположить, что в данном случае никакие другие механизмы нагрева плазмы кроме потерь нетепловых частиц не работали. Для проверки этой гипотезы мы вычислили нетепловую энергию из RHESSI данных, и сравнили темп ее выделения с тепловой энергией, полученной из SDO/AIA данных. На основании данного анализа мы количественно показали, что в событии 2013-11-05 вся наблюдаемая тепловая энергия связана только с потерями энергии нетепловых частиц, т.е. во время импульсной фазы прямого нагрева плазмы не происходило или он был аномально слабым.

Fast sausage soliton in the coronal loops

Naga Varun E., Mikhalyaev B.B.

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

Solitons represent an important class of nonlinear phenomena both with respect to theory and experiment. Recently dissipative Alfvénic solitons which are also called Alfvénons [1] were studied theoretically and was claimed that they may play a crucial role in coronal heating. After the experimental detection of sausage solitons in the solar lower atmosphere [2], it was quite apparent that similar nonlinear behavior can be expected even in the coronal conditions. This motivated us in our previous work to obtain a Nonlinear Schrödinger equation for fast sausage modes in coronal conditions [3, 4]. The present work is thus dedicated to the investigation of the behavior of various solitonic solutions of fast sausage modes in the coronal conditions. The most important amongst them is the solution of the form

$$u(z, t) = \pm \sqrt{\frac{2}{p}} \cdot \frac{A \exp[iBz + i(A^2 - B^2)t + iC_1]}{\cosh(Az - 2ABt + C_2)}, \quad p > 0. \quad (1)$$

Here p is the ratio of nonlinear coefficient to dispersive coefficient in the NLS equation, $u(z, t)$ is the amplitude of the fast sausage mode, A, B, C_1, C_2 are the coefficients that are fixed according to the coronal conditions. From our previous work we have $p > 0$ for a wide range of wave number value. The solution in the above form describes a soliton which exponentially decays. We conjecture that the solution in such a form may give us a clue to the coronal heating problem.

- [1] Stasiewicz K. // Phys. Rev. Lett., 2006, v. 96, 175003.
- [2] Zaqarashvili T. V., Kukhianidze V., and Khodachenko M. L. // Mon. Not. R. Astron. Soc., 2010, v. 404, p. L74.
- [3] Mikhalyaev B. B, Ruderman M. S. // J. Plasma Phys. 2015, v. 81, 905810611.
- [4] Mikhalyaev B. B, Ruderman M. S., Naga Varun E. // Geomagnetism and Aeronomy, 2016, v. 56, No. 8, p. 1040.

Две популяции солнечных пятен

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

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

² ГУАП, г. Санкт-Петербург, Россия

³ NSO, Sunspot, USA

В работах [1, 3] было показано, что средние магнитные поля пятен изменяются с 11-летним циклом, что поставило под сомнение результат Ливингстона и Пена о вековом уменьшении этой характеристики. В [2, 4, 6] — с другой стороны — было показано, что пятна образуют две отдельные популяции: крупные с сильными магнитными полями и мелкие — со слабыми, так что результаты [1, 3] можно объяснить относительным изменением вклада крупных пятен с циклом [5]. Крупным и мелким пятнам (и их группам LLG и SSG) соответствуют два различных логнормальных распределения площадей и два различных нормальных распределения напряженностей магнитных полей [4, 6]. Группы пятен разделяются по параметру времени жизни (короче и дольше 5 дней) [5]. Кроме того, дифференциальное вращение групп SSG — быстрое и одномодальное, а LLG — бимодальное, как быстрое, так и медленное.

Все это можно объяснить действием на Солнце пространственно-распределенного динамо, так что двум различным популяциям соответствуют две области генерации, разделенные по глубине.

- [1] Pevtsov A.A., Nagovitsyn Y.A., Tlatov A.G., and Rybak A.L., Long-term trends in sunspot magnetic fields. //The Astrophysical Journal Letters, 742:L36 , 2011.
- [2] Nagovitsyn, Yury A.; Pevtsov, Alexei A.; Livingston, William C. On a Possible Explanation of the Long-term Decrease in Sunspot Field Strength // The Astrophysical Journal Letters, Volume 758: L20, 5 pp. (2012).
- [3] Pevtsov Alexei A., Bertello Luca, Tlatov Andrey G., Kilcik Ali, Nagovitsyn Yury A., Cliver Edward W. Cyclic and Long-term Variation of Sunspot Magnetic Fields // Solar Physics, Volume 289, Issue 2, pp.593-602, 2014.
- [4] Наговицын Ю. А., Певцов А. А., Осипова А. А., Тлатов А. Г., Милецкий Е. В., Наговицына Е. Ю. Две популяции солнечных пятен и вековые изменения их характеристик // Письма в Астрон. журн. том 42, №10, с. 773–782, 2016.
- [5] Nagovitsyn, Yury A.; Pevtsov, Alexei A.; On the presence of two populations of sunspots // Astrophysical Journal, Volume 833, Issue 1, article id. 94, 6 pp., 2016.
- [6] Nagovitsyn Yury A.; Pevtsov Alexei A.; Osipova Aleksandra A. Long-term variations in sunspot magnetic field - area relation // Astronomische Nachrichten, vol. 338, issue 1, pp. 26-34, 2017.

Что наблюдения вращения звезд могут рассказать о солнечном динамо?

Кичатинов Л.Л., Непомнящих А.А.

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

Скорость вращения подобных Солнцу звезд уменьшается со временем из-за потери углового момента на звездный ветер. Это обстоятельство привело к развитию гирохронологии – определению возраста звезд по их скорости вращения и температуре (цвету). Другую возможность для определения возраста звезд представляет астросейсмология. Астросейсмологические данные, однако, показали нарушение гирохронологии для относительно старых звезд: по прошествии примерно половины времени жизни на главной последовательности, звезды вращаются быстрее, чем предсказывает гирохронология. Это обстоятельство можно объяснить исключением глобального динамо по достижении относительно малой «критической» скорости вращения. В рамках такого объяснения можно найти величину превышения ($\simeq 10\%$) скоростью вращения Солнца ее критической величины и определить величину динамо-числа. В результате уменьшается неопределенность в параметрах модели солнечного динамо и улучшается ее согласие с наблюдениями. Расчеты для подобных Солнцу звезд предсказывают структуру их крупномасштабных магнитных полей.

Раннее Солнце, физические условия на ранней Земле и происхождение жизни: совместимые модели

Обридко В.Н., Рагульская М.В.

ИЗМИРАН

В настоящее время место поисков жизни (в её бактериальной форме) значительно расширились. Колыбелью жизни могут быть как молекулярные галактические облака и протопланетные диски, так и вулканы и океаны Земли, Марса и малых планет – спутников планет гигантов, а также экзопланеты. Изменилось понятие «зоны обитаемости». Теперь в неё не входит в качестве обязательного условия наличие жидкой воды на поверхности планеты. Земная форма жизни не является единственной биохимически возможной. В качестве растворителя вместо воды альтернативные биологические структуры могли бы использовать аммиак, серную кислоту, формамид или жидкую угольную кислоту. В докладе проводится верификация имеющихся теоретических моделей формирования Солнечной

системы и физических условий на ранней Земле с точки зрения возможности существования и развития современного типа жизни.

Экспериментальный материал по химическому составу молекулярных облаков в межзвездном пространстве предполагает наличие активного до-биологического синтеза сложных органических веществ в процессе формирования звездных скоплений. Эти данные позволяют не рассматривать в качестве непримиримо конкурентных гипотезу панспермии (занесения изначальных биологических структур из космоса на Землю) и гипотезу зарождения первичной жизни на Земле. Скорее всего эти гипотезы отражают разные этапы одного и того же процесса.

Динамика молодого Солнца и физические условия на ранней Земле определяли формирование земной биосферы. Молодое Солнце не имело упорядоченной динамики активности и привычного для нас цикла солнечной активности, его период обращения был существенно меньше, а интенсивность спорадического излучения в рентгеновском и УФ – диапазоне на порядки превышало нынешнее. Поэтому формирующиеся биологические структуры должны были одновременно уметь использовать УФ-излучение в качестве источника энергии, эффективно от него защищаться и проходить отбор на устойчивость к разрушительному воздействию излучения молодого Солнца. Например, существующие молекулы ДНК являются максимально устойчивыми структурами к УФ-излучению. Фактор наличия мощного солнечного УФ-излучения при отсутствии защитной атмосферы современного типа скорее всего определял место и условия возникновения развитой земной биосферы. Еще одним физическим фактором, крайне важным для развития биосферы, является наличие магнитного поля Земли. Вопрос о точном времени его возникновения до сих пор остается дискуссионным (от 4,2 млрд. лет назад – по экспериментальным данным, и до 1-1,5 млрд лет назад – по имеющимся теоретическим моделям). Парадокс «тусклого молодого Солнца» также необходимо решать с учетом новых биологических данных о температуре ранней Земли.

Сохранность древних адаптивных функций биосистем до наших дней можно объяснить необходимостью самозащиты биосферы во время длительных максимумов или минимумов солнечной активности, в моменты экскурсов и инверсий магнитного поля Земли, а также во время прохождения Солнечной системой плотных рукавов Галактики.

- [1] «Жизнь и Вселенная» (под редакцией Обридо В. Н. и Рагульской М. В.) – СПб, ВВМ, 2017, 335 стр.

**Влияние комптоновского рассеяния на поток жесткого
рентгеновского излучения солнечных вспышек
с различной угловой анизотропией источников
жесткого рентгеновского излучения**

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

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

Отраженное вследствие комптоновского рассеяния излучение вносит вклад в поток первичного тормозного рентгеновского излучения и изменяет его спектральные и пространственные характеристики. Соотношение отраженных фотонов к первичным в потоке может быть различным в зависимости от положения наблюдателя относительно источника излучения, а также энергетического и углового распределения фотонов жесткого рентгеновского излучения. В данной работе проводился анализ изменения спектров жесткого рентгеновского излучения под влиянием альбедо для моделей с различной степенью анизотропии источников жесткого рентгеновского излучения. Для нахождения изменения показателя спектра первичного тормозного излучения с учетом комптоновского рассеяния использовалась формула: $\delta = \gamma_1 - \gamma_2$, $\gamma = -\frac{d \ln I(E)}{d \ln(E)}$. Данная формула позволяет определить локальное изменение показателя спектра без ограничения модельным заданием спектра на всем энергетическом интервале. По результатам моделирования на интервале энергий от 30 до 100 кэВ можно выделить области, где δ больше и меньше нуля. Области $\delta > 0$ соответствуют локальному ужестчению спектра вследствие альбедо, области с $\delta < 0$ смягчению спектра соответственно. Энергия, соответствующая изменению характера влияния комптоновского рассеяния на спектр жесткого рентгеновского излучения, ($\delta = 0$) приходится на область от 30 до 50 кэВ. Для моделей с высокой степенью анизотропии область локального ужестчения спектра больше чем в случае изотропной модели. Для анизотропных моделей прослеживается увеличение дифференциальной отражательной способности $R = \frac{Q_{compt}}{Q_{primary}}$ на промежутке от 30 до 100 кэВ.

Цикл Халльстатта в температуре субарктической Фенноскандии и его возможная связь с солнечной активностью

Огурцов М.Г.^{1,2}, Хелама С.³

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

² *Главная Астрономическая обсерватория, Пулковое, С.-Петербург,
e-mail:*

³ *Институт природных ресурсов, Хельсинки, Финляндия*

Реконструкция летней температуры в субарктической Фенноскандии (68–700 с.ш., 20–290 в.д.), полученная при помощи данных по кольцам деревьев и охватывающая временной промежуток 5500 до н. э. – 2000 н.э., сопоставлена с несколькими реконструкциями солнечной активности, полученными при помощи космогенных изотопов ^{14}C и ^{10}Be . Обнаружена значимая корреляция между температурой в северной Фенноскандии, усреднённой по 40 годам, и солнечными реконструкциями в период 5495 до н.э. – 1895 н.э. Показано, что цикл Халльстатта (вариация с периодом 1800–2300 лет) является основной общей периодичностью, проявляющейся в температуре и активности Солнца. Обсуждены возможные механизмы солнечно-климатической связи на территории субарктической Фенноскандии.

Правило Вальдмайера для двух популяций пятен

Осипова А.А.¹, Наговицын Ю.А.^{1,2}

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

² *Государственный университет аэрокосмического приборостроения,
Санкт-Петербург, Россия*

Для двух популяций [1], [2], различающихся по физическим свойствам («мелкие» и «крупные») отдельно рассмотрено правило Вальдмайера, связывающее максимальную амплитуду цикла солнечной активности с характеристиками его ветви роста. Проверено два варианта этого правила: классический, связывающий значение индекса солнечной активности в максимуме 11-летнего цикла с длиной его ветви роста, и модифицированный, связывающий то же с максимальной скоростью изменения индекса на ветви роста. Для создания рядов индексов площадей и чисел групп пятен использованы данные Гринвичской обсерватории и Кисловодской

Горной Астрономической станции за 12-24 циклы солнечной активности. Показано, что для популяции крупных групп пятен правило Вальдмайера выполняется более строго, чем для популяции мелких групп.

- [1] Nagovitsyn Y.A., Pevtsov A.A. // *Astrophys. J.*, 2016, v. 833, no. 1, article id. 94, 6 pp.
- [2] Nagovitsyn Y.A., Pevtsov A.A., Osipova A.A. // *Astron. Nachr.*, 2017, v. 338, no. 1, pp. 26–34.

**Методика выделения яркостных компонент на диске
Солнца для задач 3D-моделирования
солнечной атмосферы**

Осипова А.А.¹, Лукичева М.А.²

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

²*Санкт-Петербургский Государственный Университет,
Санкт-Петербург, Россия*

В последние годы расширен ряд моделей, описывающих атмосферы спокойных и активных яркостных компонент, выделяемых на фотосферных и хромосферных изображениях Солнца. В настоящее время такие модели созданы для атмосфер солнечных пятен (для тени и полутени), внутренних элементов и границ магнитной сетки, флоккульных площадок и факелов [1]. Данные модели могут быть использованы для восстановления трёхмерной структуры солнечной атмосферы и моделирования исходящего излучения в различных спектральных диапазонах. На основе использования изображений Солнца (магнитограмм продольной компоненты и изображений в белом свете), полученных на инструменте SDO/HMI, реализован алгоритм декомпозиции солнечного диска на основные яркостные компоненты [2], включающий в себя определение уровня шума магнитограмм, и показаны способы выбора численных границ компонент.

- [1] Fontenla J. M., Codrescu M., Fedrizzi M., Fuller-Rowell T., Hill F., Landi E., Woods T. // *Astrophys. J.*, 2016, v. 834, no. 1, article id. 54, 17pp.
- [2] Yeo K.L., Solanki S.K., Krivova N.A. // *Astron. & Astrophys.*, 2013, v. 550, article no. 19, 19 pp.

Солнечные вспышки и периоды аномальной активности Солнца

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

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

²СПбПУ, С.-Петербург, e-mail: valery.ostryakov@mail.ioffe.ru

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

Японские исследователи [1] по измерениям содержания радионуклидов в кольцах деревьев обнаружили импульсное повышение содержания ^{14}C , датированное 774-775 г.н.э. На данный момент наиболее активно обсуждается версия о солнечной природе этого события (напр., [2]). Нами смоделировано образование космогенных изотопов ^{14}C , ^{10}Be и ^{36}Cl в атмосфере Земли и лунных породах различными типами космических высокоэнергичных частиц: галактическими космическими лучами, солнечными космическими лучами и аномальной компонентой космических лучей. Изучено влияние сторонних факторов, таких как солнечная модуляция ГКЛ, геомагнитная модуляция заряженных частиц и колебания высоты тропопавзы на их производство в атмосфере, а также депозит в природные архивы. Анализ результатов моделирования показывает, что при сравнении с данными природных архивов следует учитывать локальное образование изотопов непосредственно в месте получения архивных образцов, в то время как многие работы используют для этого глобальное производство. Рассмотрена гипотеза о солнечной природе сигнала 775 г.н.э. на примере различных типов спектра солнечных событий - как наблюдаемых, так и теоретических предельно возможных. Показано, что без учёта процессов переноса радионуклидов в атмосфере изотопный след события 775 г.н.э. объяснить солнечной вспышкой нельзя.

- [1] Miyake F. et al. A signature of cosmic-ray increase in AD 774-775 from tree rings in Japan //Nature. – 2012. – Т. 486. – №. 7402. – С. 240.
- [2] Mekhaldi F. et al. Multiradionuclide evidence for the solar origin of the cosmic-ray events of AD 774/5 and 993/4 //Nature Communications. – 2015. – Т. 6. – С. 8611.

Выраженность периода 160 мин во временных рядах флуктуаций скорости альфа-распада

Панчелюга В.А.¹, Владимирский Б.М.², Панчелюга М.С.¹,
Серая О.Ю.¹, Панихин В.А.³

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

² КрАО, Крым, e-mail: bvlad@yandex.ru

³ НИИ ГСГФ, Фрязино

Настоящий доклад представляет серию продолжающихся исследований берущих свое начало в работах [1, 2] и представленных ранее на конференции «Солнечная и солнечно-земная физика» [3]. В упомянутых работах было показано наличие периодов в диапазоне единицы – сотни минут, совпадающих с периодами собственных колебаний Земли и имеющих универсальный характер: спектры периодов, найденные в флуктуациях различных природных процессов как правило совпадают с соответствующей частью найденного в [2] спектра. Результаты [1, 2, 3] основаны на использовании локального фрактального анализа методом всех сочетаний [1] к анализу большого массива временных рядов флуктуаций скорости альфа-распада. Особенности данного метода позволяют выявлять периоды, которые, как правило, необнаружимы традиционными методами анализа временных рядов.

В докладе, с использованием локального фрактального анализа методом всех сочетаний, предполагается рассмотреть выраженность периода 160 мин в многолетних временных рядах флуктуаций скорости альфа-распада, которые были зарегистрированы в различных местах земного шара.

- [1] Панчелюга В.А., Панчелюга М.С. // Биофизика, 2013, том. 58, вып. 2, с. 377-384.
- [2] Панчелюга В.А., Панчелюга М.С. // Биофизика, 2015, том. 60, вып. 2, с. 395-410.
- [3] Панчелюга В.А., Владимирский Б.М., Панчелюга М.С., Серая О.Ю. // Сборник трудов XX Всероссийской конференции «Солнечная и солнечно-земная физика – 2016», Санкт-Петербург, Пулковое, 10-14 октября 2016 г., с. 247-250.

Глобальные колебания Солнца по данным коронографа SOHO LASCO C3

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

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

Исследованы долгопериодические колебания яркости Солнца как звезды по отраженному от планет солнечному свету при попадании их в поле зрения коронографа LASCO C3 (Large Angle and Spectrometric Coronagraph Experiment). В качестве наблюдательного материала из архива данных космической обсерватории SOHO/LASCO C3 были взяты последовательности FITS интенсивитетов, полученных с интервалом 12 минут и размером 1024x1024 пикселей. Для поиска периодических составляющих во временных вариациях отраженного от планет солнечного света использован метод CaterPillarSSA, разработанный для исследования нестационарных рядов и нелинейных систем. В программной реализации этого метода главные компоненты разложения могут быть визуализированы и упорядочены по возрастанию их вклада в исходный ряд, что важно при дальнейшем восстановлении по ним этого ряда. Фазовые диаграммы выявляют характер циркуляционного процесса компонент, благодаря чему можно сделать сборку ряда, исключая тот или иной компонент. Изучены 5-ти суточные непрерывные временные серии яркости планет Марса и Юпитера. В них найдены совпадающие моды: 8-10 часов и 36-38 часов. Это совпадение указывает, по-видимому, на их солнечное происхождение. Дополнительно для Марса изучены 25-ти суточные серии временных вариаций отраженного солнечного излучения, в которых обнаружена еще более низкочастотная 250-ти часовая мода. Амплитуды найденных мод уменьшаются от низких частот к высоким.

Профиль линии нейтрального водорода на частоте 9850 МГц с учетом эффекта Зеемана (расчет и наблюдения Солнца)

Петерова Н.Г.¹, Дравский А.Ф.¹, Топчило Н.А.²

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

²СПб ГУ, С.-Петербург, Россия

В сложном спектре излучения Солнца линия атомарного водорода ($H_{3.04}$) на частоте 9850 МГц (3.04 см), связанная с переходом $2^2P_{3/2} -$

$2^2S_{1/2}$ между уровнями тонкой структуры нейтрального водорода, занимает особое место. Это практически единственная линия водорода, которую в радиодиапазоне можно ожидать в излучении Солнца. Впервые на перспективность наблюдений Солнца в линии $H_{3.04}$ было указано в 1952 г. Уайлдом [1], которым был произведен расчет профиля линии (триплет), выполненный в рамках модели «спокойного» Солнца, характеризующегося слабым МП (несколько Гс). Мы предлагаем расчеты профиля линии для случая сильных МП, характерных для активных областей Солнца (сотни Гс). Учет эффекта Зеемана приводит к расщеплению линии $H_{3.04}$ на ряд дополнительных компонент, зависящих от величины и направления МП, и значительному изменению вида профиля линии в целом. Расчетный профиль сопоставлен с результатами спектральных наблюдений Солнца на радиотелескопе РАТАН-600, имеющем на частоте линии $H_{3.04}$ одномерное пространственное разрешение $\sim 30''$ и частотное разрешение $\sim 2\%$. Приведен усредненный профиль линии $H_{3.04}$ по наблюдениям «спокойного Солнца» (600 площадок на диске) и отдельных АО, и произведена оценка величины МП, оказавшаяся ~ 100 Гс для участков квазиспокойного Солнца (без пятен и флоккульных уярчений) и ~ 200 Гс для АО. Для «спокойного Солнца» линия $H_{3.04}$ наблюдается в поглощении, но в случае АО встречаются примеры и с более сложным профилем. Величина эффекта составляет единицы процентов от амплитуды фонового излучения, что не противоречит ранним результатам наблюдений [2, 3].

- [1] Wild J.P. // Astrophys. J., 1952, v. 115, p. 206.
- [2] Дравских А.Ф., Дравских З.В. // Астрон. журн. 1988, т. 65, с. 199.
- [3] Peterova N.G., Topchilo N.A. and Borisevich T.P. // Astron. Rep., 2011, v. 55, No 9, p. 841.

Активные долготы на Солнце и холодное лето 2017 г. на Северо-Западе России

Петерова Н.Г.

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

Представлен опыт реального прогнозирования погоды с учетом влияния солнечной активности (СА). Такой опыт проводился в период 1990-2000 гг., в нем участвовала Геофизическая станция Окт. ж/д (ГФС ОЖД) и наблюдения Солнца на Большом пулковском радиотелескопе (БПР),

ежедневно передаваемые ГФС. Выявлены закономерности для Северо-Западного региона России и установлено, что повышение СА приводит к усилению W-E циркуляции земной атмосферы, и как следствие – приносит потепление и увеличение осадков для региона, находящегося под сильным влиянием теплой Атлантики. Влияние носит сложный характер и несколько различается для зимнего и летнего периодов года, а также асимметрии расположения центров преобладающей активности на диске Солнца. Воздействие СА на земную погоду носит триггерный характер, а его причиной скорее всего является наведенное магнитное поле, а не корпускулярное излучение, как принято обычно считать.

Выводы иллюстрируются на примере аномально холодного лета на Северо-Западе России, и показано, что в этот период (апрель-август 2017 г.) на Солнце существовала долгоживущая АО (NOAA 12648-12661-12665-12670) на долготе 119 градусов, новый оборот которой ежемесячно «ломал» метеопрогнозы. Демонстрируется, что наблюдения в радиодиапазоне, и особенно на радиотелескопах с одномерным пространственным разрешением (БПР и РАТАН-600), по сравнению с оптикой выявляют E-W асимметрию распределения активности на диске Солнца гораздо контрастнее.

Влияние Солнца на земную погоду безусловно носит глобальный характер, но его региональные проявления определяются земными условиями. Впервые на это было указано Мустелем Э.Р., который разделил земную поверхность на отдельные регионы. Некоторые из них (особенно территории, прилегающие к границе суша/океан) являются наиболее чувствительными к изменениям СА из-за больших градиентов метеопараметров, к таким регионам относится и Северо-Запад России.

Крупномасштабные электрические токи в нижней К-короне 1994 и 2006 гг.

Попов В.В., Ким И.С., Осокин А.Р.

МГУ ГАИШ, e-mail: vporoff@mail.ru

Анализируются фильмы линейной поляризации излучения нижней К-короны в зеленом и красном спектральных интервалах непрерывного спектра, полученные во время полных солнечных затмений 1994 и 2006 гг., соответствующих фазе пред-минимума 22-го и 23-го циклов солнечной активности. Представлены двумерные распределения знака угла поляризации излучения К-короны в диапазоне расстояний $< 1.5 R_{\text{sun}}$, построенные с использованием метода прецизионной линейной поляриметрии, разработанного нами. Полученные поляризационные изображения знака угла

поляризации отличаются от ожидаемой картины для рассеяния на покоящихся электронах (томсоновское рассеяние) и выявляют общие характеристики: корреляцию со структурой короны, наличие диффузной и структурной составляющих различного масштаба, крупномасштабную картину переменной полярности областей, занимающих $30 - 45^\circ$ по позиционному углу. Отмечены отличия в картинах крупномасштабной переменной полярности вблизи полюсов. Учет даты переполусовок (2000.9 – 2001.3) позволяет объяснить полученные распределения существованием крупномасштабных электрических токов в нижней К-короне.

**Становление солнечно-земной физики как научной
дисциплины: к 200- летию со дня рождения
итальянского астронома магнитолога и метеоролога
Анжело Секки**

Птицына Н.Г.¹, Альтаморе А.²

¹*СПбФИЗМИРАН, Санкт Петербург, Россия,
e-mail: nataliaptitsyna@ya.ru*

²*3-ий Римский Университет, Рим, Италия*

Солнечно-земная физика - междисциплинарная наука, которая сложилась во второй половине 20-ого века. Она включает исследования Солнца от его внутренней структуры до его внешней короны и её эволюции, солнечного ветра в межпланетном пространстве, исследования комет, магнитосферы и атмосферы Земли, вариации геомагнитного поля, погоды и климата, а также их взаимного влияния. Основы солнечно-земной физики как научной дисциплины закладывались в 19 веке. Для этого надо было: 1) усовершенствовать методы измерения магнитного поля Земли; 2) накопить достаточную статистику полярных сияний, понять их природу; 3) начать изучение различных проявлений СА как нестационарных процессов, для чего потребовалось разработать новые для того времени подходы, приборы и методы наблюдений. В 1832 г. Гаусс разработал метод, который позволял измерить не только направление геомагнитного поля, но и интенсивность. Этот метод позволял проводить измерения поля в различных районах Земли с повторяемым эффектом. Это явилось стимулом к основанию сети мировых магнитных обсерваторий. В 30-ых годах 19 века были основаны магнитные обсерватории по всему земному шару, которые позволили накопить данные о вариациях геомагнитного поля. В 1843 г. немецкий астроном-любитель Швабе установил около-10 - летний цикл в числе солнечных пятен, которые он начал наблюдать с 1826 г. В 1852 г. Сабин нашел, что геомагнитная активность меняется параллельно недавно

открытому солнечному циклу, что явилось первым свидетельством связи солнечной и геомагнитной активности. В течение 19-ого века были накоплены и систематизированы данные наблюдений полярных сияний в различных точках планеты за длительное время. Чрезвычайно важную роль в становлении солнечно-земной физики сыграл итальянский астроном, метеоролог и магнитолог Анжело Секки (1818-1878 гг.), директор обсерватории Римского иезуитского университета Колледжо Романо. Он применил новейшие на то время открытия к астрономии. Он использовал спектроскоп для изучения спектров звезд и придумал первую классификацию звезд по спектрам, которая лежит в основе современной Гарвардской классификации. Он развил физические методы изучения небесных объектов, что послужило основой новой науки – астрофизики. Применение развитых им новых методов, астрофотографии и спектроскопии, к наблюдениям Солнца позволило ему внести большой вклад в изучение солнечной активности. Более того, он организовал комплекс обсерваторий – астрономическую, магнитную и метеорологическую, а также лабораторию по измерению земных токов, чтобы изучать наблюдаемые процессы во взаимной связи. Он является признанным отцом астрофизики. С полным правом его можно считать пионером солнечно-земной физики.

**Влияние внутренних источников магнитного поля
Земли на вековой ход авроральной активности
в 1600-1900 гг.**

*Птицына Н.Г.¹, Демина И.А.¹, Тясто М.И.¹,
Альтаморе А.²*

¹СПбФИЗМИРАН, Санкт Петербург, Россия,
e-mail: nataliaptitsyna@ya.ru

²3-ий Римский Университет, Рим, Италия

Полярные сияния наблюдались на протяжении столетий невооруженным глазом, поэтому они являются незаменимым инструментом для изучения солнечно-земных связей и их вариаций. Количество наблюдаемых авроральных событий часто служит в качестве прокси численных характеристик солнечной и геомагнитной активности для эпох, когда они не измерялись или еще не были разработаны. С другой стороны, на проникновение в магнитосферу и атмосферу Земли частиц плазмы солнечного ветра, которые вызывают полярные сияния, влияет напряженность и конфигурация главного магнитного поля Земли (ГМПЗ), обусловленного внутренними источниками. С ослаблением магнитного момента Земли

должно увеличиваться количество наблюдаемых полярных сияний и наоборот. Однако в литературе отсутствует конкретизация и детализация такого влияния. В данной работе мы рассмотрели вклад внутренних источников ГМПЗ в 17-19 века в вековой ход полярных сияний за этот период. Основные характерные особенности векового хода средние и низкоширотных полярных сияний, которые наблюдались визуально в 17-19 веках: 1) Маундеровский минимум, 1650-1715 гг.; 2) возрастание числа наблюдений полярных сияний в 18 веке с максимумом в 1787 г. и последующим резким падением; 3) Дальтоновский минимум, 1795-1830 гг.; 4) возрастающий тренд во второй половине 19 века с максимумом в 1870 г. Эти особенности мы сравнили с изменениями величины магнитного момента главного диполя. Для этого нами были использованы коэффициенты сферического гармонического анализа - модель *gufm1*, позволяющая вычислять пространственную структуру компонент ГМПЗ в интервале времени 1600-2010 гг. Оценка величины магнитного момента главного диполя проводилась на основе представления источников ГМПЗ в виде набора диполей, параметры которых изменяются во времени, что позволяет обоснованно разделить систематическую составляющую (главный диполь) и аномальную часть (недипольная составляющая). Найдено, что вариации ежегодного числа аврор *N* идут антипараллельно вековому ходу ГМПЗ. Получено, что Дальтоновский минимум в ходе полярных сияний определяется скорее наблюдавшимся в это время резким скачком в величине магнитного момента Земли, чем уменьшением солнечной активности. Систематическое возрастание *N* во второй половине 19 века также можно связать со значительным уменьшением магнитного момента. Максимуму *N* в 1870 г. соответствует максимальный градиент убывания величины магнитного момента. Напротив, Маундеровский минимум в частоте появления полярных сияний, по-видимому, определяется в основном уменьшением солнечной активности, так как магнитный момент в 1600-1700 гг. менялся незначительно.

Влияние теплового прогрева на формирование корональных конденсаций в солнечной атмосфере

Романов К.В.

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

В работе исследуется развитие неустойчивости Паркера в высокочастотном диапазоне спектра колебаний магнитных полей в верхних слоях

конвективной зоны [1]. Изучается влияние теплового прогрева на динамику подъёма тонкой магнитной трубки из конвективной зоны в солнечную атмосферу. Поскольку тензор кинетической теплопроводности вдоль магнитного поля на несколько порядков выше поперечного коэффициента теплопроводности в расчётах учитывается перенос тепла вдоль магнитного поля [2].

При всплывании арочной структуры реализуется эффект стекания газа к основанию, и непрерывно теряющая массу центральная часть арки с нарастающим ускорением летит в атмосферу Солнца.

На высотах порядка 2000 км из-за эффекта аномального прогрева разность температур газа внутри и снаружи трубки меняет знак. Как следствие на этих высотах реализуется смена знака для разности плотностей газа внутри и снаружи трубки. Выталкивающая сила Архимеда меняет знак, и трубка тормозится. Максимальная скорость подъёма достигает 250 км/сек. В итоге за 1 час реализуется выброс магнитного поля на высоту 150000 км в солнечную корону. По инерции трубка пролетает равновесное положение и возникает эффект опускания верхней части арочной структуры к положению равновесия. Возникает корональная “конденсация” – солнечный протуберанец [3].

- [1] Knoelker, M.; Schuessler, M.. // Astronomy and Astrophysics (ISSN 0004-6361), vol. 202, no. 1-2, Aug. 1988, p. 275-283.
- [2] Романов Д.В., Романов К.В.. // Выч. технологии. 2001. Т. 6. № 6. С. 81–92.
- [3] Eselevich V.G., Eselevich M.V.. // Solar Phys.. 2001. V.203. P.165–178.

Попытное движение Солнца и земные процессы

Сидоренков Н.С.

Гидрометцентр России

Приводятся результаты исследования связи земных исторических событий, взрывов вулканов, катастрофических землетрясений с эпизодами попытного движения Солнца. Собранные данные в большинстве случаев свидетельствуют о том, что распады государств и войны, наиболее мощные взрывы вулканов и катастрофические землетрясения, погодные и климатические аномалии происходят чаще всего около эпизодов попытного движения Солнца.

**Прогноз 25-го цикла солнечной активности в терминах
полного потока излучения (TSI)**

Скакун А.А.^{1,2}, Волобуев Д.М.¹

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

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

Одним из важных параметров, обусловленных солнечной активностью, является полный поток излучения Солнца (TSI или солнечная постоянная). Эта величина - значимый фактор для различных климатических изменений на Земле, а предсказание ее изменений является актуальной научной задачей. Диапазон изменений TSI в следующем 25 солнечном цикле может быть предсказан с помощью модификации метода аналогов Лоренца. В качестве базы будет использоваться композитный ряд TSI, состоящий из реконструированных за последние 11 тыс. лет значений и космических наблюдений за последние 40 лет. Мы предсказали значение десятилетнего среднего в следующем цикле и оценили амплитуду минимума следующего цикла. Было обнаружено, что значение среднего демонстрирует медленную динамику к убыванию.

**Первичная обработка данных радиотелескопа РТ-7,5
МГТУ им. Н.Э. Баумана для моделирования
радиоизлучения активных областей
солнечной хромосферы**

Смирнова В.В.¹, Рыжов В.С.², Лукичева М.А.³,
Живанович И.¹, Нагнибеда В.Г.³

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

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

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

Предложена усовершенствованная методика первичной обработки солнечных данных, получаемых на радиотелескопе РТ-7,5 МГТУ им. Н.Э. Баумана, на частотах 93 и 140 ГГц. Карты полного солнечного диска в

данном высокочастотном диапазоне были использованы для сравнительного анализа новых моделей радиоизлучения активных областей в хромосфере Солнца с наблюдениями.

Представлены результаты сравнительного анализа новой модели микроволнового-миллиметрового излучения активных областей в хромосфере на частотах 17, 37, 93 и 140 ГГц с наблюдаемыми параметрами.

Стохастический резонанс в солнечном динамо

Соколов Д.Д.^{1,2}, Мосс Д.Л.³

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

² ИЗМИРАН, Троицк, Москва

³ Manchester University, Manchester, UK
e-mail: David.Moss@manchester.ac.uk

Приведен пример резонансного поведения магнитного поля, возбуждаемого сферическим динамо со случайными вариациями управляющих параметров динамо. Четность магнитного поля относительно экватора сферы обнаруживает поведение, похожее на резонансное, а магнитная энергия ведет себя обычным образом. Обсуждаются возможные приложения этого явления для объяснения отклонений магнитного поля Солнца от дипольной симметрии, известных из архивных данных о солнечных пятнах. Абзацы разделяются пустыми строками.

Генерация солнечных магнитных полей и энерговыделение в магнитном жгуте, зажатом между пятнами

Соловьев А.А.

*Главная астрономическая обсерватория РАН, С.-Петербург,
e-mail: solov.a.a@mail.ru*

Недавние сообщения гелиосейсмологов о быстром вращении солнечного ядра (Fossat et al, 2017) приводят к выводу, что генерация («намотка») магнитного поля Солнца благодаря омега-эффекту происходит, в основном, не в тахоклине на нижней границе конвективной зоны (КЗ), а значительно глубже - на границе солнечного ядра (период вращения 7 дней), и зоны лучистого равновесия (далее - лучистая зона - ЛЗ), имеющей период твердотельного вращения 27 дней.

Важно подчеркнуть, что это магнитное поле, по мере его непрерывной «намотки» на указанной границе, генерируется не в турбулентной области КЗ, а попадает в гидростатическую, лишенную хаотических движений среду ЛЗ, в которой оно не подвергается хаотическому запутыванию и сразу формируется как регулярная, правильная, крупномасштабная магнитная структура. Это сильное регулярное магнитное поле заполняет собою всю ЛЗ и подпирает КЗ своим давлением снизу, создавая на нижней границе КЗ ту область, которую сейчас принято называть тахоклином.

Тубулентная среда КЗ отторгает внешнее магнитное поле, но напряженность поля в нижележащей ЛЗ постоянно растет вследствие непрерывного генерирующего действия огромного градиента угловой скорости на ее границе с ядром, и это растущее магнитное поле, достигая некоторой критической величины, время от времени (циклически, порционно) прорывается сквозь толщу КЗ на поверхность Солнца. Какая-то часть этого прорвавшегося магнитного потока, проходя сквозь объем КЗ, неизбежно турбулизуется, приобретает хаотический, перемежающийся (и, возможно, мультифрактальный) характер, но определенная часть крупномасштабного магнитного потока, видимо, сохраняет свою изначальную регулярную структуру и несет в себе большой запас свободной (т.е. связанной с электрическими токами) магнитной энергии. Такая сохранившаяся, несмотря на турбулентность в КЗ, часть регулярной магнитной структуры проявляет себя в фотосфере Солнца в виде всплывающих скрученных магнитных трубок сильного поля (magnetic flux ropes), магнитных аркад, корональных петель и т.п.; она создает силовой каркас активных областей (АО), и запасенная ею свободная магнитная энергия взрывообразно выделяется в атмосфере Солнца в форме мощных вспышек и КВМ.

В данной работе моделируется процесс вспышечного энерговыделения

в одной из таких регулярных магнитных структур - в жгуте сильного магнитного поля, зажатом и удерживаемом горизонтально на уровне фотосферы и хромосферы между сближающимися магнитными центрами разной полярности (солнечными пятнами в биполярной области). Согласно данным Тлатова А.Г., Абрамова-Максимова В.Е. и Боровик В.Н., такого рода магнитные конфигурации часто приводят к появлению в АО ярких межпятенных радиоисточников и затем, примерно через сутки - к развитию мощных рентгеновских вспышек. Особенность предлагаемой жгutowой модели вспышки состоит в том, что вспышечный процесс начинается в магнитном жгуте не в момент наибольшего сближения пятен (и, соответственно, наибольшего обжатия захваченного между ними магнитного жгута), а на фазе расхождения пятен, что соответствует наблюдаемой картине вспышечного события.

[1] Fossat E., et al // A&A, 2017, v. 604, p. A40.

Особенности эволюции градиента магнитного поля в активной области Солнца перед большой вспышкой

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

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

² Калмыцкий государственный университет, Элиста

³ САО РАН, Нижний Архыз, e-mail: lvo@sao.ru

Представлен анализ развития активной области (АО) NOAA 12242, в которой 20 декабря 2014 г. произошла вспышка X1.8, выполненный по данным космической обсерватории SDO с привлечением данных наблюдений в микроволновом диапазоне на радиотелескопе РАТАН-600. За два дня до вспышки в микроволновом излучении АО появился новый компонент, который стал доминирующим в АО за день до вспышки и значительно уменьшился после вспышки. По многоазимутальным наблюдениям на РАТАН-600 развившийся перед X-вспышкой радиоисточник отождествлен с местом наибольшего сближения полей противоположной полярности вблизи нейтральной линии в АО. Характерна временная эволюция расстояния между магнитными областями противоположной полярности и градиента магнитного поля. Установлено, что X-вспышка произошла через 20 часов после того, как суммарный градиент магнитного поля по всей

области, рассчитанный по данным SDO/HMI, достиг своего максимального значения, а расстояние между центрами областей противоположной полярности, соответственно, — минимального. Предложена модель магнитного жгута, зажатого между двумя сближающимися магнитными центрами (пятнами), согласно которой сначала сближение пятен обеспечивает накопление свободной магнитной энергии в жгуте, а затем, при расхождении пятен, в нем начинается вспышечное энерговыделение.

Индукционное ускорение электронов в корональных магнитных петлях

Степанов А.В.¹, Зайцев В.В.²

¹ Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН,
г. Санкт-Петербург, Россия, e-mail: stepanov@gao.spb.ru

² Федеральный исследовательский центр Институт прикладной
физики РАН, г. Нижний Новгород, Россия,
e-mail: za130@appl.sci-nnov.ru

Предложен механизм ускорения электронов, основанный на осцилляциях электрического тока в корональных магнитных петлях на Солнце и звездах. Магнитная петля представляет собой эквивалентный электрический контур с током, генерируемым конвективными движениями фотосферной плазмы. Собственные колебания электрического тока в петле индуцируют электрическое поле, направленное вдоль оси петли. Показано, что всплески в поглощении и пульсирующие всплески III типа, возникающие на фоне длительного континуума IV типа, могут свидетельствовать о «накачке» корональных магнитных петель энергичными электронами, поддерживающими длительную генерацию континуального радиоизлучения IV типа. Определена эффективность ускорения и энергия ускоренных электронов. Рассмотрены примеры наполнения магнитных петель энергичными электронами в приложении к Солнцу и ультрахолодным звездам. Обсуждается эффективность рассмотренного механизма ускорения по сравнению с ускорением электронов в результате взаимодействия корональной магнитной петли с 5-минутными фотосферными осцилляциями, а также в результате развития в основании петли неустойчивости Рэлея-Тейлора.

Работа поддержана грантами РФФИ (№№ 17-02-00091, 15-02-08028) и грантом РНФ № 16-12-10448.

Анализ колебательных мод магнитного поля факельных образований на Солнце

Стрекалова П.В.¹, Колотков Д.Ю.², Смирнова В.В.¹,
Наговицын Ю.А.¹

¹ ГАО РАН, *auriga-lynx@yandex.ru*

² *University of Warwick, Coventry, UK*

По данным о магнитном поле, получаемым на аппарате SDO/HMI исследуется динамика долгоживущих мелкомасштабных магнитных структур, связанных с хромосферными факелами. Целью работы является анализ отдельных колебательных мод для временных рядов, характеризующих изменение магнитного поля факельных образований.

С помощью ННТ EMD [1] были проанализированы временные вариации десятка выбранных структур со временем жизни до 30 часов и магнитным полем от 400 Гс до 1100 Гс. Были исследованы временные вариации напряжённости среднего магнитного поля в выбранном контуре для каждого объекта. Для всех найденных колебательных мод проведена проверка на цветные шумы [2].

Сигнал был разложен на колебательные моды с меняющимися амплитудой и периодом. Проверка на шумы выявила для каждого объекта наличие одной значимой моды, или же моды, близко лежащей к верхней границе доверительного интервала розового шума. Периоды таких мод составляли от нескольких десятков минут.

Природа выявленных колебательных мод, попавших в доверительные интервалы белого и розового шумов, может быть объяснена динамическим взаимодействием с гранулами и супергранулами, а так же аппаратными шумами на наиболее высоких частотах. Мода, лежащая выше доверительных интервалов шумов, может быть порождена собственными колебаниями и иметь магнитную природу.

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

Радиационные условия в зоне обитания различных звезд главной последовательности

Струминский А.Б., Садовский А.М.

*Институт космических исследований, Москва,
e-mail: astrum@iki.rssi.ru*

Звездные и галактические космические лучи (СКЛ и ГКЛ) являются основными факторами, определяющими радиационные условия вблизи экзопланет. Спектр ГКЛ и его временные вариации определяются модуляцией в звездной сфере – параметрами звездного ветра и локальной межзвездной среды. Оценки скорости и плотности горячего звездного ветра в модели Паркера показывают, что они изменяются по сравнению с солнечными величинами в разы, тогда как магнитное поле согласно наблюдениям может различаться на один-два порядка. В результате модуляции ГКЛ вблизи экзопланет у звезд с сильным магнитным полем ГКЛ будут практически отсутствовать. Радиационные условия будут в этом случае определяться СКЛ – звездной активностью, энергией вспышек и параметрами орбиты экзопланеты. Предполагается представить оценки потоков ГКЛ и СКЛ для некоторых экзопланет с учетом имеющихся данных по магнитному полю и активности звезды-хозяйки.

Разнонаправленные волны солнечной активности в простых моделях динамо

Тарбеева С.М.¹, Соколов Д.Д.^{1,2}

¹*ИЗМИРАН, Троицк, Москва, Россия,
e-mail: sonia-tarbeevea@yandex.ru*

²*МГУ, Москва, Россия, e-mail: sokoloff.dd@gmail.com*

В рамках простой модели динамо исследован вопрос о возможности возбуждения двух разнонаправленных волн звездной активности, которые генерируются двумя динамо-активными слоями в данном звездном полушарии. Предыдущие исследования этого вопроса [1] показали, что генерация разнонаправленных волн активности требует довольно тонкой настройки параметров модели. В настоящей работе мы использовали модель динамо Паркера [2], в которой тороидальное магнитное поле производится из полоидального за счёт дифференциального вращения, а полоидальное поле — из тороидального за счёт зеркальной асимметрии конвекции. Оба компонента магнитного поля описывались с помощью маломодового приближения [3, 4]. Параметры полученной модели: динамо-числа в обоих

слоях, относительные толщины каждого слоя, и “коэффициенты зацепления” слоёв. Были исследованы качественные свойства решений системы уравнений динамо и построена синоптическая карта в пространстве значений динамо-чисел. Найдены области параметров модели, соответствующие различным типам и направлениям волн активности. В частности показано, что разнонаправленные волны активности реализуются, если значения динамо-чисел имеют одинаковый порядок 10^5 – 10^6 , но разные знаки. Вопрос о том, насколько часто может встречаться такая ситуация в звёздах, остаётся открытым. В связи с этим приобретает особый интерес имеющееся в литературе сообщение о наблюдении подобных разнонаправленных волн звёздной активности.

- [1] Sokoloff, D.D., Lanza, A.F., Moss, D.L. & Tarbeeva, S. M. *Astron. Nachr.*, **332**, 872, (2011).
- [2] Parker E. N. *Astrophys. J.*, **122**, 293, (1955).
- [3] Соколов Д.Д., Нефедов С.Н., Ермаш А.А., Ламзин С.А., *Письма в астрон. журн.*, **34**, 842 (2008).
- [4] С. М. Тарбеева, В. Б. Семикоз, Д. Д. Соколов. *Астрон. журн.*, **88**, 1 (2011).

Трехмерная реконструкция параметров солнечного ветра и прогноз геомагнитной активности

Тлатов А.Г.

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

В настоящее время одними из наиболее актуальных задач в исследовании солнечно-земных связей является изучение и прогноз космической погоды (КП), вызываемой солнечной активностью. Одним из основных факторов космической погоды являются высокоскоростные потоки солнечного ветра, от источников с открытой конфигурацией магнитных силовых линий. Оценка этих потоков, а также прогноз их интенсивности на несколько дней является предметом службы КП. Оценка этих потоков, а также определение «фоновых» параметров межпланетной плазмы является отправной точкой для моделирования распространения корональных выбросов массы.

В данной работе рассмотрены результаты моделирования и реконструкции параметров солнечного ветра (СВ) на основе модели Wang-Sheeley-Argе и баллистической модели распространения потоков солнечного ветра от поверхности источников. В этой модели считается, что на расстояниях до поверхности источника ($R_s \sim 2.5R_o$) скорость солнечного ветра определяется фактором расширения магнитного поля. Выше R_s , солнечный ветер распространяется радиально. При этом быстрые и медленные потоки могут взаимодействовать между собой.

Представлены результаты реконструкции параметров солнечного ветра по данным наблюдений магнитографа СТОП. Приводится сравнение с данными прогнозов скорости солнечного ветра по данным наблюдений магнитографов других стран. Показано, что данные прогноза СТОП имеют существенно более высокую корреляцию с наблюдениями скорости СВ. На основе прогноза параметров солнечного ветра на орбите Земли предложен также прогноз геомагнитной активности.

Эволюция структур с открытой конфигурацией магнитного поля Солнца в столетнем цикле активности

Тлатов А.Г.

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

Выполнена реконструкция областей с открытой конфигурацией магнитных силовых линий по данным синоптических H-альфа карт за период более 100 лет. Области открытой конфигурации на фотосфере находились как совокупность точек оснований силовых линий, достигающих поверхности источника на высоте $R \sim 2.5R_o$.

Показано, что максимум площади открытых структур в цикле солнечной активности достигается на фазе спада, за 1-2 года до наступления минимума. Суммарная площадь открытых структур в текущем цикле n имеет высокую корреляцию ($R \sim 0.9$) с амплитудой последующего цикла активности $n + 1$. Также существует вековая огибающая площади с максимумом в середине 20-го века. Высказано предположения связи между площадью открытых структур и методом прогноза солнечной активности, предложенным А. Олем, а также вековым поведением геомагнитного индекса AA .

Влияние супергрануляции на свойства биполей солнечных пятен

Тлатова К.А.¹, Тлатов А.Г.^{1,2}

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

² КалмГУ, Элиста

По данным оцифровки магнитных полей солнечных пятен по наблюдениям обсерватории Маунт Вилсон в период 1917-2016 гг. выделены биполи солнечных пятен и выполнен их анализ. Показано что длина магнитной оси биполей, соединяющей центры разно полярных областей, имеет максимум распределения вблизи характерного размера супергрануляционных ячеек $l \sim 30 - 37 Mm$. При выделении биполей по площади максимального пятна $S_{max} < 30$ мдп, в распределении длины магнитной оси биполей имеются два максимума: один максимум $l \sim 30 Mm$ и второй максимум на длине $l \sim 80 Mm$. Для биполей с площадью $S_{max} > 30$ мдп второй максимум соответствует $l \sim 120 Mm$. Возможно, эти максимуму свидетельствуют о том, что центры биполей преимущественно располагаются в промежутках между супер грануляционными ячейками. Это может оказывать влияние на тильт угол наклона магнитной оси биполей. Рассмотрено влияние супергрануляции и размеров солнечных пятен на свойства биполей в столетнем цикле активности.

Квазипериодические вариации в структуре окаменевших слоистых отложений докембрия (~680 млн лет тому назад) и современные циклы солнечной активности

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

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

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

Наиболее доскональную картину изменения окружающей среды и климата в далеком прошлом дают ленточные глины – ископаемые окаменелости, обладающие слоистой структурой. Они представляют собой отложения приледниковых озёр, состоящие из многократно повторяющихся ежегодных отложений тонких слоев ледниковой мути, содержащей в основном тонкозернистый песчаный материал летом и глинистый зимой. Пески и глины постепенно переходят друг в друга и образуют годичные слои, по толщине которых (от долей миллиметра до нескольких сантиметров) можно судить об интенсивности таяния ледника, а тем самым и об изменении климата в то далекое доисторическое время.

Поэтому для изучения изменения климата в позднем Докембрийском периоде (~680 млн лет тому назад) в настоящей работе проведено исследование палеоданных толщины слоев отложений известняков Южно – Австралийской формации Elatina, которые охватывают временной интервал длительностью в 1300 лет с временным разрешением один год и которые были взяты из работы [1].

В исходных данных и в их отфильтрованном высокочастотном компоненте при помощи метода построения комбинированной спектральной периодограммы были обнаружены квазипериодические изменения на уровне значимости более 4σ значений их амплитуд полигармонической модели сигнала, а именно: 12, 22, 24, 26, 104, 157 и 316 лет. Этот результат свидетельствует о возможном влиянии солнечной активности на изменения климата той далекой эпохи.

- [1] Bracewell R.N. Spectral Analysis of the Elatina Varw Series // CSSA-ASTRO-88-13 (Center for Space Science and Astrophysics. Stanford University. Stanford, California). 1988. 24 P.

Сравнительная эффективность топологических дескрипторов для описания сложности HMI/SDO магнитограмм в задаче прогноза больших солнечных вспышек

Уртъев Ф., Князева И.С., Макаренко Н.Г.

ГАО РАН, С.-Петербург, e-mail: urtiev@gmail.com

В настоящее время корректная теория возникновения солнечных вспышек отсутствует. Поэтому их предсказание опирается на большую наблюдательную историю и морфологические характеристики сложности

наблюдаемых паттернов. Известно, что вспышке предшествует значительное изменение некоторых дескрипторов в наблюдаемой компоненте магнитного поля [1]. В этом докладе обсуждается вопрос о сравнительной прогностической эффективности признаков, полученных на основе векторных данных и LOS-магнитограмм. В качестве характеристик сложности магнитных паттернов мы используем инварианты [2], полученные в результате топологического анализа LOS магнитограмм. Альтернативой нам служили так называемые SHARP-параметры (Space-weather HMI Active Region Patches) [3]. Эти параметры вычисляются онлайн на сайте Стэнфордской лаборатории по векторным магнитограммам (<http://jsoc.stanford.edu/doc/data/hmi/sharp/sharp.htm>) и представляют собой численные оценки модельных структур, которые, в некотором смысле, являются аналогами известных из физики плазмы величин: потоков, спиральности, и т.п.

Мы получили, что эффективность предсказания больших вспышек, основанного на топологических дескрипторах LOS-магнитограмм, в режиме палегноза, по меньшей мере, не хуже, чем результаты прогностических схем, основанных на векторных признаках. В докладе обсуждаются преимущества использования топологических инвариантов.

- [1] Barnes G., Leka K.D., Schrijver C.J. et al. // *Astrophys. J.*, 2016, v. 829, p. 89.
- [2] Edelsbrunner H., Harer J. *Computational topology: an introduction*, American Mathematical Soc., 2010.
- [3] Bobra M.G. et al. // *Solar Physics*, 2014, v. 289, № 9, p. 3549-3578.

Рождение ударной волны, связанной с КВМ, в поле зрения коронографа LASCO C3

Файнштейн В.Г., Егоров Я.И.

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

Показано, что для события 17 июля 2012 г. связанная с корональным выбросом массы (КВМ) ударная волна (УВ) формируется в поле зрения коронографа LASCO C3. УВ генерируется на расстоянии, превышающем расстояние, на котором радиальная скорость тела КВМ становится больше суммы Альфвеновской скорости и скорости медленного солнечного ветра. Это позволяет предположить, что данная УВ является головной УВ. Это предположение поддерживает еще один результат, согласно которому

расстояние между УВ и границей тела КВМ увеличивается с расстоянием по мере того, как размер тела КВМ возрастает. Некоторые данные свидетельствует в пользу того, что УВ возникает вследствие укручения границы возмущенной области короны перед телом КВМ. Мы считаем, что сформировавшаяся УВ является бесстолкновительной, т.к. наблюдаемая ширина фронта яркости близка к пространственному разрешению коронографа, что во много раз меньше средней длины свободного пробега заряженных частиц корональной плазмы. Скорости УВ и тела КВМ растут с расстоянием, но скорость УВ растет быстрее, чем скорость тела КВМ. Мы оценили направленную скорость тела КВМ в зависимости от расстояния. Она оказалась в диапазоне 130 – 230 км/с, что меньше скорости поперечного расширения тела КВМ. Среднее значение Альфвеновского числа Маха Ma для средней Альфвеновской скорости на разных расстояниях близко к 1.5, максимальное число Ma примерно равно 2.

Взаимодействие турбулентности вистлеров с нетепловыми электронами во вспышечной петле

Филатов Л.В.¹, Мельников В.Ф.²

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

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

Рассматривается согласованное нестационарное взаимодействие нетепловых электронов, инжектированных во вспышечную петлю, с вистлеровской турбулентностью в неоднородном магнитном поле петли. Влияние турбулентности с заданной плотностью энергии на распределение электронов в магнитной ловушке нами рассматривалось ранее (Ge&Ae, 2017, v.57, No.8). В настоящей работе спектр турбулентности не является заданным, а рассчитывается, исходя из согласованной динамики вистлеров и быстрых электронов в квазилинейном приближении. Кинетика электронов исследуется в каждой точке петли. Для этого проводится численное решение нестационарного уравнения Фоккера-Планка с коэффициентами трения и диффузии, вычисленными для резонансного взаимодействия с вистлерами. Декремент затухания (нарастания) вистлеров также рассчитывался в каждой точке петли и с учетом распределения электронов в ней. Это позволяет исследовать не только влияние волн на электроны, но и обратное влияние электронов на затухание (нарастание) волн в петле.

Исследованы режимы инъекции быстрых электронов в петлю с неоднородным постоянным магнитным полем и плотностью плазмы в ней.

Приведен анализ временных и пространственных профилей распределения нетепловых электронов и спектра турбулентности вистлеров для различных параметров инжекции и магнитного поля петли.

**Вертикальные электрические токи в фотосфере
активной области: методика вычислений,
структура и динамика**

Фурсяк Ю.А., Абраменко В.И.

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

В рамках выполненной работы на примере области NOAA AR12473 проведено сравнение двух методов расчета вертикальных электрических токов в атмосфере активной области (АО) – дифференциального (классического), и интегрального, основанного на теореме Стокса и формуле Симпсона как одного из наиболее простых приемов численного интегрирования.

Показано, что интегральный метод расчета электрических токов имеет ряд преимуществ по сравнению с дифференциальным методом, обеспечивая более низкий уровень шумов, более высокую степень сглаживания, и, как результат, отсутствие «ложных» сигналов. В то же время следует отметить, что расчет токов интегральным методом с большим контуром охвата (7, 9 и более узлов) приводит к потере части информации о мелкоструктурных элементах.

В качестве данных для анализа были использованы магнитограммы трех компонент полного вектора магнитного поля области NOAA AR12473, находящейся вблизи центра солнечного диска 27 декабря 2015 года. Данные о магнитных полях исследуемой активной области получены прибором Helioseismic and Magnetic Imager на борту Solar Dynamic Observatory (HMI/SDO) и доступны на интернет ресурсе Joint Science Operation Centre (JSOC) по адресу <http://jsoc2.stanford.edu/ajax/lookdata.html> (серия hmi.sharp_cea_720s).

Работа выполнена при частичной поддержке грантами РФФИ 16-02-00221 А, 17-02-00049 А, 17-42-92010 р_а.

Протоны от распада солнечных нейтронов и свойства межпланетной среды

Ковальцов Г.А.¹, Остряков В.М.², Харахнин Н.С.²

¹ ФТИ им. Иоффе РАН, С.-Петербург, e-mail:

² СПбПУ им. Петра Великого, С.-Петербург, e-mail:

В работе рассчитывается временной ход анизотропии и интенсивности солнечных протонов, сгенерированных солнечной вспышкой, на орбите Земли. Численный метод Монте-Карло включает в себя конвекцию частиц вместе с солнечным ветром, магнитную фокусировку в неоднородном магнитном поле, адиабатические потери энергии иpitch-угловое рассеяние. Рассчитываемые величины анизотропии и интенсивности существенно зависят от энергетического спектра протонов и их длины свободного пробега в межпланетном пространстве. Характерная длительность анизотропной стадии составляет десятки минут-часы в соответствие с многочисленными экспериментальными данными по солнечным космическим лучам.

Вычислительная процедура применена также к рассмотрению распространения в межпланетном пространстве вторичных протонов от распада нейтронов, произведённых в солнечных вспышках. В этом случае их инжекция происходит не у основания силовой линии межпланетного магнитного поля, а объёмно вблизи регистрирующей аппаратуры. Момент появления обратно рассеянных частиц и длительность анизотропной стадии вспышечного события определяются, в основном, характером и свойствами межпланетной турбулентности, рассеивающей заряженные частицы. Обсуждаются экспериментальные возможности косвенного определения этих свойств по измерениям анизотропии и интенсивности распадных протонов. Особое внимание обращено на возможность регистрации этих характеристик распадных протонов от залимбовых восточных вспышек на Солнце, наблюдения которых с Земли невозможно и которые не являются источниками заметных потоков первичных протонов вблизи орбиты Земли.

Магнитная аномалия в тени пятна активной области NOAA 12192

Цап Ю.Т.^{1,2}, Коваль А.Н.¹, Бабин А.Н.¹, Борисенко А.В.¹

¹ Крымская астрофизическая обсерватория РАН
e-mail: babin@crasrimea.ru

² Главная Пулковская обсерватория, С.-Петербург,
e-mail: tsap@mail.ru

Исследована эволюция и морфология магнитной аномалии – появление небольшой области противоположной полярности в тени хвостового пятна активной области NOAA 12192, наблюдавшейся с 21 по 26 октября 2014 г. на магнитограммах SDO/HMI. Для анализа были использованы магнитограммы продольного магнитного поля, доплерограммы и изображения в континууме, полученные на SDO/HMI, изображения Солнца в далеком ультрафиолете, полученные на SDO/AIA, а также H_{α} монохроматические и спектральные наблюдения АО и спектральные измерения магнитных полей пятен в линии $6302.5\text{ \AA}$, полученные на телескопах КГ-2 и БСТ-2 Крымской астрофизической обсерватории. Рассмотрена возможность возникновения магнитной аномалии вследствие инструментальных эффектов, особенностей численной обработки данных SDO/HMI и изменения контура линии поглощения $6173.34\text{ \AA}$. В результате проведенного комплексного анализа данных наблюдений получены факты, свидетельствующие в пользу реальности существования области обратной полярности в тени хвостового пятна вследствие выхода нового магнитного потока. Выходящий поток в области аномалии состоял из тонкоструктурных элементов довольно сильного магнитного поля (около 1000 Гс), что хорошо согласуется с кластерной моделью пятна, предложенной Северным (1965) и Паркером (1979). Проведен анализ магнитного пересоединения в тени пятна (течение Свита-Паркера), который показал, что процесс пересоединения на уровне фотосферы мог происходить в течение многих часов на малых масштабах, что хорошо согласуется с результатами наблюдений.

Моделирование альфвеновских мод тонких магнитных трубок в нижней атмосфере Солнца: численные и аналитические оценки

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

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

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

Для описания линейных изгибных мод тонких вертикальных магнитных трубок в стратифицированной среде используются два подхода. Наиболее популярный следует из модели "упругой нити" [1]. Он предполагает, что моды с периодами $> 3-8$ мин, возможно играющие важную роль в ускорении солнечного ветра, становятся нераспространяющимися в фотосфере Солнца. Сравнительно недавно был разработан новый подход, основанный на разложении возмущенных величин в ряды Тейлора и Лорана по радиус-вектору соответственно внутри и снаружи симметричной магнитной трубки [2]. Откуда был сделан вывод о свободном распространении изгибных мод в солнечной фотосфере. На основе сравнительного анализа нами показано, что феноменологическое уравнение движения в работе Спруита [1] не является достаточно обоснованным, что свидетельствует о необходимости пересмотра полученных ранее результатов.

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

[2] Lopin I., Nagorny I. // Astrophys. J., 2013, v.774, p.121.

Динамика энергетических спектров жесткого рентгеновского излучения локальных источников солнечных вспышек

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

*Физико-Технический институт им.А.Ф.Иоффе, РАН,
С.-Петербург, e-mail: Y.Charikov@mail.ioffe.ru*

Для ряда солнечных вспышек с четко выделенной пространственной структурой источников жесткого рентгеновского излучения (ЖРИ) изучается динамика энергетических спектров излучения и спектров ускоренных электронов как методом прямого фитирования, так и методом Тихонова решения интегрального уравнения. В качестве примера рассматривается мощная солнечная вспышка 13 мая 2013г в 15:52UT (X2.8), зарегистрированная спектрометрами RHESSI, Konus – Wind, GOES. В пространственной структуре ЖРИ по данным RHESSI можно выделить три локальных источника, 2 из которых расположены в основаниях магнитной петли, а третий в ее вершине. На начальной стадии величины интенсивности ЖР -излучения в диапазоне энергий 20-40 кэВ наиболее яркими являются источники в одном из оснований 1 и в вершине 2. В ЖР излучение вершины петли 2 может вносить вклад квазитепловая составляющая тормозного излучения горячей плазмы. Со временем интенсивность излучения из вершины уменьшается быстрее, чем из оснований. Спектры ЖРИ и ускоренных электронов на стадии до пика одного из оснований и

вершины достаточно идентичны, спектр из другого основания (менее яркого) более мягкий. На стадии спада спектры становятся более крутыми, причем это происходит быстрее в вершине, чем в основаниях. Подобную динамику спектров можно объяснить в модели анизотропного источника ускоренных электронов в вершине магнитной петли с концентрацией плазмы $> 10^{10} \text{ см}^{-3}$ при наличии турбулентности.

Жесткое рентгеновское излучение ускоренных электронов в частично ионизованной плазме солнечных вспышек

Шабалин А.Н., Чариков Ю.Е.

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

В данной работе рассмотрено влияние частичной ионизации плазмы на интенсивность жесткого рентгеновского излучения (28-135 кэВ) в рамках решения кинетического уравнения для ускоренных электронов и расчета рентгеновского излучения с использованием релятивистского тормозного сечения рассеяния. В результате численного анализа было установлено, что уменьшение степени ионизации плазмы в хромосфере приводит к смещению максимума излучения в более глубокие слои в магнитной петле и к усилению излучения в основаниях в 1.6-2 раза в зависимости от профиля концентрации. Вывод справедлив для изотропных и анизотропных источников ускоренных электронов с энергетическими спектрами электронов с показателем $\delta < 5$ и при малых значениях B_{max}/B_0 . В случае мягкого спектра ($\delta \geq 5$) и высоких отношений $B_{max}/B_0 > 2$ увеличение интенсивности излучения в основаниях петли не превышает значений 1.3-1.5 для изотропных и анизотропных источников. Причем эффект более выражен в диапазоне высоких энергий 75-134 кэВ. Показано, что профиль степени ионизации в хромосфере в отличие от профиля концентрации не оказывает существенного влияния на эволюцию показателя спектра рентгеновского излучения во времени. В отличие от интенсивности распределение степени поляризации излучения не претерпевает качественных изменений при различных зависимостях концентрации и ионизации плазмы в основаниях магнитной петли. Спектр временных задержек при учете частичной ионизации остается практически неизменным. Профиль концентрации оказывает существенное влияние на интегральные временные задержки во всех случаях, кроме моделей с условиями, благоприятными к свободному пролету высокоэнергичных электронов, – анизотропных с малым отношением B_{max}/B_0 и $\delta < 5$.

Влияние турбулентности высокоскоростных потоков солнечного ветра на геомагнитные бури и суббури

Шадрина Л.П.

*Академия наук Респ. Саха (Якутия), Якутск,
e-mail: lushadr@mail.ru*

Проведен анализ геомагнитных бурь и суббурь за 2000 год. В этот год, в максимуме 23-го солнечного цикла, зарегистрировано 66 буревых событий, в том числе 4 экстрабури с понижением D_{st} индекса $\Delta D_{st} > 200$ нТл и 10 больших бурь с $\Delta D_{st} > 100$ нТл. Для определения типа бури предложено использовать численный параметр k – отношение амплитуды D_{st} индекса к сумме АЕ индекса в главную фазу бури: для спорадических бурь он больше 0,02, а для рекуррентных меньше 0,01. Согласно k в 2000 году было примерно равное количество спорадических и рекуррентных геомагнитных бурь, соответственно 31 и 35. Методом наложения эпох получены средние величины параметров, характеризующих состояние геомагнитного поля и параметров солнечного ветра для двух типов бурь.

Показано, что во время спорадических бурь амплитуда понижения D_{st} индекса больше чем во время рекуррентных, на переднем фронте высокоскоростного потока имеются признаки ударной волны, Bz компонента ММП меняет направление к югу и имеет несколько большие отрицательные значения. Это общеизвестные отличия двух типов бурь. Дополнительно отметим, что для рекуррентных бурь увеличения скорости и плотности солнечного ветра, как и модуля ММП оказались незначительными, но существенно отличается изменчивость вектора ММП (σF). Во время спорадических бурь этот параметр увеличивается в течение суток более чем в 2 раза, тогда как во время рекуррентных заметно лишь небольшое плавное увеличение. На наш взгляд, это указывает на то, что присутствие турбулентного ММП на переднем фронте высокоскоростного потока во время спорадических событий оказывает существенное влияние на интенсивность бури и почти не сказывается на суббуревой активности (увеличение АЕ индекса примерно одинаковое). Это можно объяснить тем, что турбулентное ММП является дополнительным источником энергии кольцевого тока при воздействии спорадических (вспышечных) структур солнечного ветра.

**Исследование взаимосвязи источников жесткого
рентгеновского излучения с фотосферным и
гелиосейсмическим возмущением в солнечной
вспышке X1.8 23 октября 2012 г.**

**Шарыкин И.Н.^{1,2}, Косовичев А.Г.³, Садыков В.М.³,
Зимовец И.В.^{1,4}, Мышьяков И.И.²**

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

²*Институт Солнечно-Земной Физики СО РАН, Иркутск,*

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

Во время солнечной вспышки X класса 23 октября 2012 г. наблюдалось фотосферное излучение и было зарегистрировано сильное гелиосейсмическое возмущение (“солнцетрясение”), что указывает на мощное энерговыделение в фотосфере. В работе исследуется энерговыделение солнечной вспышки в фотосфере с высоким временным и пространственным разрешением, с использованием данных наблюдений, полученных прибором Helioseismic Magnetic Imager (HMI) на борту космического аппарата Solar Dynamics Observatory (SDO), и данных наблюдений жесткого рентгеновского излучения Ramaty High-Energy Solar Spectroscopic Imager (RHESSI). Используются фильтрограммы HMI, полученные в результате сканирования линии Fe I (673,1 нм) с временным разрешением ~ 3.6 секунды и пространственным разрешением ~ 0.5 угл. сек. на пиксель. Показано, что вспышечное фотосферное возмущение совпадает с источниками жесткого рентгеновского излучения. Задержка между данными типами излучения составляет менее 4 секунд. Такая малая задержка находится в согласии с результатами численного моделирования радиационной газовой динамики, выполненного с помощью кода RADYN, в котором рассматривается плотность потока ускоренных электронов 10^{11} эрг/с/см². Однако модель не объясняет величины вариации доплеровской скорости и фотосферного излучения, наблюдаемой HMI. Наблюдения показывают, что фотосферное возмущение и гелиосейсмическая волна могли быть сгенерированы ускоренными электронами, высыпавшимися в плотные слои солнечной атмосферы, со значительно большей плотностью потока энергии по сравнению с ранее рассматриваемыми значениями.

**Анализ топологии магнитного поля по картам
поляризации нетеплового микроволнового
радиоизлучения солнечной вспышки M1.7
11 февраля 2014 г.**

Шарыкин И.Н.^{1,2}, Кузнецов А.А.², Мышьяков И.И.²

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

²*Институт Солнечно-Земной Физики СО РАН, Иркутск.*

В работе рассматривается солнечная вспышка M класса, произошедшая 11 февраля 2014 г. В данном событии ускоренные электроны предположительно распространялись в закрученной магнитной структуре. Для анализа вспышечного энерговыделения используются векторные магнитограммы HMI/SDO, данные по рентгеновскому излучению RHESSI, радионаблюдения NORH, NORP и RSTN и ультрафиолетовые изображения AIA/SDO. Главной целью работы является поиск особенностей распределения яркости и поляризации гиротронного радиоизлучения генерируемого нетепловыми электронами вдоль скрученных магнитных петель на основе трехмерного моделирования радиоизлучения с помощью пакета программ GX SIMULATOR. Параметры ускоренных электронов определялись по данным наблюдений жесткого рентгеновского излучения RHESSI и наблюдениям радиоизлучения NoRP. Магнитное поле восстанавливалось в рамках нелинейного бессилового приближения по векторным магнитограммам HMI. Подбирались магнитные петли и распределение электронов в них, таким образом, чтобы получить соответствие полученного распределения поляризации и радиояркости с наблюдаемым по NORH, а также объяснить интегральные спектры NORP. Сравниваются результаты моделирования микроволнового радиоизлучения по результатам экстраполяции магнитного поля методами нелинейного бессилового и потенциального магнитного поля. Показано, что наблюдаемое пространственное распределение поляризации радиоизлучения может быть объяснено, только излучением нетепловых электронов, распределенных в объеме скрученной магнитной структуры. Таким образом, показано что пространственно-разрешенные наблюдения микроволнового радиоизлучения могут использоваться для определения топологии магнитного поля, в котором распространяются ускоренные электроны.

Развитие нестационарных явлений в сложной группе пятен

Шаховская А.Н.¹, Григорьева И.Ю.², Лившиц М.А.³

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

²*Главная Астрофизическая Обсерватория, Пулково,
Санкт-Петербурге-mail: irinaga@gmail.com*

³*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения
радиоволн им. Н.В.Пушкова(ИЗМИРАН), Троицк, Москва,
е-mail: maliv@mail.ru*

Применяется новый подход к физике солнечных вспышек, связывающий их развитие с формированием токовой системы над нейтральной линией магнитного поля (Polar Inversion Line- PIL) . Используются данные H-alpha наблюдений КрАО и ВБСО с высоким временным разрешением, а также результаты внеатмосферных наблюдений. Рассматриваются события в АО 11302 в конце сентября 2011 года. Ранее в работе (Шаховская 2016, Известия КрАО, т. 12, № 2, с. 67) были изучены две вспышки в этой группе: 1-ая из них компактная X1.9 (начало в 9:21 UT, максимум 9:40 UT) возникла около хвостового пятна, 2-ая M7.1 LDE-вспышка (начало в 12:33 UT, максимум 13:17 UT) началась около центральных пятен. Здесь мы детально изучили события (вспышки M2, M5 и др) , произошедшие в самом конце LDE-вспышки. Внутри основной области свечения мы выделили несколько узлов, чья яркость усилилась позднее, уже после 17:40 UT. В них связь между мягким рентгеном и яркостью в H-alpha различна, наиболее отчетливо это проявилось в 19:10 UT и в 20:01 UT при усилении всех узлов основного свечения вспышки. Кроме отмеченного усиления яркости, каждое из явлений в 17:40 UT и в 19:10 UT сопровождалось выбросом, наблюдаемым в ВУФ и в H-alpha линиях. Выброс в 20:01 UT из хвостовой части группы начался с резкого импульса в H-alpha и постепенно развился в протяженное темное образование (спрей). Получено: 1) отдельные эпизоды развиваются в различных изолированных частях основной площади, из которых, в основном в начале события, выделяется узел, условно называемый энергетическим очагом вспышки; 2) сложное поведение PIL в области основного свечения обуславливает нарушение стандартной связи между H-alpha яркостью и мягким рентгеном, и возможно, препятствует развитию в этой АО вспышек с существенно большей мощностью; 3) кроме развития явлений в одной и той же части группы, обнаружено практически одновременное (с разницей не более 30 сек.) резкое уярчение в восточной и западной частях АО, вне области основного свечения. Это вероятно свидетельствует о существовании причины, приводящей к развитию нестационарного явления не в одном очаге,

а в группе в целом; 4) в слабых событиях над PII формируется небольшой низкая H-alpha-петля. Иначе говоря, фактически здесь реализуется известная модель Коппа-Пноймана.

Зависимость периода «вековой» гармоника ряда чисел Вольфа от длины исследуемого ряда

Шибает А.И.

Устойчивый интерес к длиннопериодным циклам солнечной активности, в том числе к циклу Гляйсберга, связан с проявлением эпох максимума или минимума активности в повседневной жизни. В работах разных авторов, сделанных за последние 60 лет, его период оценивается в пределах 80–110 лет. Ряд исследователей выделяют конкретное значение периода цикла Гляйсберга равное 88 годам [1]. Так как разные авторы анализировали ряд чисел Вольфа различной длины, то имеет смысл исследовать влияние длины самого ряда на период аппроксимирующего синуса длиннопериодной компоненты ряда чисел Вольфа.

Рассматривается ряд ежемесячных чисел Вольфа с 1749 г., минимальная длина исследуемого фрагмента — восемнадцать циклов ($1749 \div 1954.37$ гг.), максимальная — до максимума цикла 24 ($1749 \div 2014.376$ гг.). Отмечено, что при увеличении длины ряда период синуса возрастает с 84 лет до 110 лет, а 88-летний период проявляется при определенных условиях.

Полученная в работе неустойчивая (растущая) оценка периода «вековой» гармоника затрудняет экстраполяцию её на внешний временной интервал. Заметим, что при анализе только достоверной части ряда чисел Вольфа ($1849 \div 2015$ гг.) была выделена 150-летняя гармоника [2]. Стоит вопрос о возможности согласования параметров восстановленного и достоверного рядов или коррекции восстановленного ряда.

- [1] Feynman J., Stephen B. Gabriel. Period and phase of the 88-year Solar cycle and the Maunder minimum: evidence for a chaotic Sun // Solar Physics, 1990, V. 127 (2). P. 393—403.
- [2] Шибает И.Г. Оценка восстановленной части ряда чисел Вольфа и возможность её коррекции // Астрономический вестник, 2008, Т. 42, № 1. С. 66-74.

**Долгосрочный прогноз солнечной активности по
150-летней гармонике и характеристикам циклов
достоверной части ряда чисел Вольфа**

Шибает И.Г.

ИЗМИРАН

Эпохи максимума или минимума солнечной активности характеризуются огибающей максимумов циклов и тесно связаны с длиннопериодной («вековой») компонентой ряда чисел Вольфа. Её удачная интерполяция и продление на внешний временной интервал дают возможность прогнозировать общий ход солнечной активности на временных масштабах в несколько циклов.

Трактуя длиннопериодную компоненту, как огибающую средних значений циклов, разбивая циклы по длительности и опираясь на взаимосвязь интервальных оценок нескольких циклов можно детализировать прогноз на масштабах цикла.

Данная работа, опираясь на достоверную часть ряда чисел Вольфа (1849–2015 г.г.), следует базовым понятиям изложенным в публикациях [1, 2] и проводит эту программу.

- [1] Шибает И.Г. Реконструкция восстановленной части ряда чисел Вольфа по 150-летней гармонике и характеристикам циклов достоверной части ряда чисел Вольфа / Труды Всероссийской ежегодной конференции по физике Солнца: Солнечная и солнечно-земная физика – 2016, Пулково, Санкт –Петербург, 10 – 14 октября 2016 г., с. 349-352.
- [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.

**О прогнозировании землетрясений и извержений
вулканов по среднесуточным индексам
солнечной активности**

Эйгенсон А.М.

*Львовский национальный университет имени Ивана Франко
e-mail: aleksey.eigenson@gmail.com*

Сильные землетрясения и извержения вулканов сопоставляются с ежедневными индексами солнечной активности. Обнаружено, что как только кривая солнечной активности опускается, так в один из дней около ее минимума происходит землетрясение. То же относится к извержениям вулканов.

Найденная закономерность позволяет заблаговременно прогнозировать земные события.

Характеристики крупных вспышек в 24 цикле солнечной активности

Бруевич Е.А., Якунина Г.В.

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

Рассмотрены характеристики крупных вспышек (M1 - X7) в 24 цикле солнечной активности. Наибольшее количество всех вспышек в этом цикле наблюдалось на ветви спада цикла (при этом из 10 самых крупных вспышек только две произошли на ветви спада). По наблюдениям SDO/EVE и GOES-15 проанализированы временные задержки между вспышечным увеличением потоков в различных линиях EUV и в мягком рентгеновском диапазоне. Обнаружено, что для самых крупных вспышек распространение вспышечного процесса происходит по направлению из короны к хромосфере. Исследование N-S асимметрии в распределении вспышек в 24 цикле показало, что наблюдается сильное преобладание вспышек в N-полушарии в 2011 г., а в 2014 г. - в S-полушарии.

Выделены наиболее мощные солнечные протонные события в 24 цикле. Найдено, что в 23 и 24 циклах задержки начала протонных событий от начала рентгеновской вспышки, вызывающей это событие, характеризуются распределением с ярко выраженным максимумом, соответствующим задержке в 2 часа, как для протонов с энергиями > 10 МэВ, так и с энергиями > 100 МэВ. Рассмотрены зависимости величины максимума потока вспышек в рентгеновском диапазоне 0.1 - 0.8 нм от максимума потока частиц в протонных событиях с энергией частиц > 10 МэВ и > 100 МэВ (следующих за вспышкой в 0.1 - 0.8 нм) в 24 цикле солнечной активности.

Оглавление

<i>Абдусаматов Х.И.</i> Лунная обсерватория для исследований климата в эпоху глубокого похолодания	3
<i>Абдусаматов Х.И.</i> Сравнительный анализ погрешности мониторинга энергетического баланса Земли Лунной обсерваторией и орбитальными космическими аппаратами	4
<i>Абдусаматов Х.И.</i> Комплекс систем защиты оптического телескопа от заряженных частиц лунной пыли	5
<i>Абраменко В.И.</i> Дисперсия магнитного потока по поверхности Солнца	6
<i>Абрамов-Максимов В.Е., Бакунина И.А.</i> Особенности короткопериодических колебаний микроволнового излучения активной области Солнца перед вспышкой	7
<i>Абрамов-Максимов В.Е., Боровик В.Н., Опейкина Л.В., Тла-тов А.Г., Шрамко А.Д., Яснов Л.В.</i> Эволюция микроволнового излучения и магнитного поля активных областей Солнца перед вспышками класса X по наблюдениям на RATAN-600 и SDO: обзор событий 2011-2015 гг.	8
<i>Авакян С.В.</i> Новая - супрамолекулярная физика солнечно-земных связей в медицинской патологии	9
<i>Авакян С.В.</i> Новая - супрамолекулярная физика солнечно-земных связей в метеорологических и климатологических проявлениях	10
<i>Авакян С.В., Никольский Г.А., Соловьёв А.А., Гапонов В.А.</i> Открытие явления в солнечной атмосфере: «депрессия полного потока излучения Солнца в периоды генерации релятивистских протонов солнечных космических лучей»	11
<i>Алексеев И.Ю., Козлова О.В., Горда С.Ю.</i> Циклическая активность запятанных звезд VY Aгi и IN Com	12
<i>Андреева О.А., Малащук В.М., Ахтемов З.С., Жигалкин Р.К.</i> Гигантская корональная дыра 2015–2017 гг.: I. Изменение площади и интенсивности	13
<i>Артамонова И.В., Елисеев А.В.</i> Вариации распределения геопотенциала в стратосфере в ходе форбуш-понижений галактических космических лучей	14
<i>Афанасьев А.Н., Егоров Я.И.</i> Моделирование формирования и распространения корональной ударной волны, связанной с корональным выбросом	15
<i>Ахтемов З.С., Перебейнос В.А., Штерцер Н.И.</i> Гигантская корональная дыра 2015-2017 гг: II. Магнитное поле и связь с активными образованиями и вспышками	16

<u>Барановский Э.А., Лозицкий В.Г., Лозицкая Н.И., Таращук В.П.</u> Физические условия в фотосфере и хромосфере во вспышке 28 октября 2000	16
<u>Барановский Э.А., Борисенко А.И., Таращук В.П., Шаховская А.Н.</u> Развитие солнечных вспышек в различных длинах волн	17
<u>Биленко И.А.</u> Закономерности формирования КВМ сопровождаю- щихся и не сопровождающихся радио всплесками II типа	18
<u>Богод В.М., Свидский П.М., Курочкин Е.А., Шендрик А.В., Эвер- стов Н.П.</u> Модификация радиоастрономического прогноза сол- нечной активности	19
<u>Богод В.М., Ступишин А.Г., Яснов Л.В.</u> Магнитные поля и высоты переходной области атмосферы активных областей на Солнце	19
<u>Бондарь Н.И.</u> Долговременная циклическая переменность красного карлика YZ CMi	20
<u>Цап Ю.Т., Борисенко А.В., Малащук В.М., Жигалкин Р.К.</u> О связи скорости солнечного ветра с площадью корональных дыр	21
<u>Абрамов-Максимов В.Е., Боровик В.Н., Опейкина Л.В., Тла- тов А.Г.</u> Предвестники вспышки класса X в активной области 11515 по наблюдениям на РАТАН-600 и SDO	22
<u>Бруевич Е.А., Казачевская Т.В., Якунина Г.В.</u> Циклические вари- ации потоков солнечного излучения в конце XX – начале XXI века. Гистерезис индексов активности в сильных и слабых циклах на примере 22, 23 и 24 циклов	22
<u>Бруевич Е.А., Якунина Г.В.</u> Вариации потоков солнечного излуче- ния вне вспышек (фоновое излучение) в коротковолновом диапа- зоне в 23 и 24 циклах	23
<u>Васильев С.С., Дергачев В.А.</u> Концентрации космогенных изотопов ¹⁴ C и ¹⁰ Be и природа 2400-летнего цикла	24
<u>Тлатова К.А., Васильева В.В., Скорбеев Н.Н., Тлатов А.Г.</u> Рекон- струкция столетних рядов солнечной активности	25
<u>Веретененко С.В., Огурцов М.Г.</u> 60-летний цикл в климате Земли и динамике корреляционных связей между солнечной активностью и циркуляцией нижней атмосферы	26
<u>Вернова Е.С., Тясто М.И., Баранов Д.Г.</u> Пространственно- временные изменения фотосферного магнитного поля	27
<u>Барановский Э.А., Таращук В.П., Владимирский Б.М.</u> Динамиче- ские характеристики колбы Фицроя (штормгласе) различие для натуральной и синтетической камфоры	28
<u>Волобуев Д.М., Макаренко Н.Г.</u> Тонкая структура циркуляции плот- ности тока в активной области: кривизна Риччи и Лапласиан Бох- нера по магнитограммам SDO HMI	28

<u>Возмьянин М.В., Золотова Н.В., Полявин Д.И.</u> Вековые вариации положения гелиосферного токового слоя	29
<u>Галкин В.Д., Никанорова И.Н.</u> Солнечные протонные события и атмосферный водяной пар	30
<u>Гетлинг А.В., Бучнев А.А.</u> Динамика течений и магнитных полей при зарождении биполярной группы солнечных пятен	30
<u>Голубчина О.А., Коржавин А.Н., Нижельский Н.А., Жеканис Г.В., Бурсов Н.Н., Цыбулёв П.Г.</u> Физические характеристики полярной корональной дыры в сантиметровом диапазоне длин волн	31
<u>Гриб С.А.</u> Физические и МГД особенности поведения потока солнечного ветра в планетарном магнитослое	32
<u>Григорьев П.Е., Владимирский Б.М., Демарко А.В.</u> Социальная нестабильность и космическая погода — сопоставление данных по XVII век. К 120-летию со дня рождения А.Л. Чижевского	33
<u>Григорьева И.Ю., Лившиц М.А., Мышьяков И.И.</u> Роль токов в возникновении мощного импульсного выделения энергии	34
<u>Гуляева Т.Л., Арикан Ф., Билиця Д.</u> Коррекция солнечных управляющих параметров Международной модели ионосферы и плазмосферы вследствие ревизии числа солнечных пятен	35
<u>Данилова О.А., Тясто М.И., Демина И.М.</u> Планетарное распределение снижений геомагнитных порогов, обусловленных сильным возмущением магнитосферы	36
<u>Дергачев В.А.</u> Изменение солнечной радиации и климатические эффекты на десятилетних – столетних шкалах	37
<u>Дивлекеев М.И.</u> Начальная стадия развития активной области по изображениям SDO	38
<u>Дмитриев П.Б.</u> Анализ временной структуры потока рентгеновского излучения Солнца на протяжении 22–24 циклов солнечной активности	38
<u>Файнштейн В.Г., Егоров Я.И., Загайнова Ю.С.</u> Кинематика КВМ и связанных ударных волн по данным LASCO: сравнительный анализ	39
<u>Ерофеев Д.В.</u> Вариации характеристик углового распределения ММП в зависимости от фазы солнечного цикла и типа течения солнечного ветра	40
<u>Живанович И., Соловьев А.А.</u> Диссипация солнечных пятен	41
<u>Загайнова Ю.С., Файнштейн В.Г.</u> Сравнение особенностей формирования корональных выбросов массы с разной максимальной скоростью	42
<u>Зайцев В.В.</u> Незатухающие колебания электрического тока в корональных магнитных петлях и в аркадах магнитных петель	42

<u>Золотова Н.В., Возмьянин М.В., Арльт Р.</u> Фазовая асимметрия пятнообразования в XVII и XIX веках	43
<u>Золотова Н.В., Сизоненко Ю.В., Возмьянин М.В., Веселовский И.С.</u> Попытка извлечь косвенные данные о солнечном ветре из наблюдений кометных хвостов в минимуме Маундера	44
<u>Иванов В.Г.</u> Форма 11-летнего цикл солнечной активности: взрывная фазы и фаза затухания	45
<u>Ихсанов Р.Н., Иванов В.Г.</u> Эволюция магнитного поля Солнца разных масштабов в 21–23-м циклах	46
<u>Калинин А.А.</u> Нейтральный и ионизованный кальций в солнечных протуберанцах	46
<u>Кальтман Т.И., Богод В.М.</u> О регистрации циклотронного излучения на 4-й гармонике в микроволновых спектрах на РАТАН-600	47
<u>Кальтман Т.И., Коржавин А.Н.</u> Долготное изменение характеристик микроволнового излучения источников	48
<u>Каратамян А.А., Молодых С.И.</u> Влияние влажности на эволюцию циклонов во время геомагнитных возмущений	48
<u>Кацова М.М., Низамов Б.А.</u> Особенности звёзд, где зарегистрированы супервспышки	49
<u>Ким И.С., Алексеева И.В.</u> Наблюдательные проявления электрических токов в протуберанцах	50
<u>Киселев Б.В.</u> Межполушарные различия фрактальных характеристик цикличности солнечной активности	51
<u>Клочек Н.В., Машнич Г.П.</u> Эксперимент по квазиоптической регистрации терагерцового излучения Солнца в Саянской солнечной обсерватории	51
<u>Королькова О.А., Соловьев А.А.</u> Моделирование крупномасштабных магнитостатических солнечных корональных структур	52
<u>Костюченко И.Г.</u> Квази-двулетние вариации и характеристики циклов солнечной активности	53
<u>Котов В.А., Ханейчук В.И.</u> Пульсации Солнца: 43 года наблюдений в Крыму	54
<u>Крамнынин А.П., Михалина Ф.А.</u> Некоторые особенности северо-южной асимметрии солнечной активности	54
<u>Зайцев В.В., Кронштадтов П.В.</u> О постоянстве поперечного сечения корональных магнитных петель	55
<u>Кулешова А.И., Дергачев В.А., Кудрявцев И.В., Наговицын Ю.А., Огурцов М.Г.</u> Реконструкция гелиосферного модуляционного потенциала и чисел Вольфа на основе радиоуглеродных данных с начала 11 по середину 19 века с учетом климатических изменений	56

<u>Кудрявцев И.В., Дергачев В.А.</u> К вопросу о возможном влиянии вариаций климата на радиоуглеродные данные во время Позднего Дриаса	57
<u>Кудрявцев И.В., Волобуев Д.М., Дергачев В.А., Наговицын Ю.А., Огурцов М.Г.</u> Реконструкция скорости генерации космогенного изотопа ^{14}C в атмосфере Земли за период 17000-5000 лет до нашей эры.	57
<u>Кудрявцев И.В.</u> Влияние рассеяния быстрых электронов на плазменных волнах на характеристики тормозного жесткого рентгеновского излучения	58
<u>Кудрявцев И.В., Ватагин П.В.</u> Эволюция функции распределения ускоренных в солнечных вспышках электронов с учетом их рассеяния на плазменных волнах при учете углового распределения электронов и плазмонов	59
<u>Kuzanyan K.M., Kleorin N., Rogachevskii I., Tlatov A.G., Zhang H., Yang Sh., Sokoloff D.</u> The Tilt, Twist and Current Helicity in Solar Active Regions	60
<u>Кузнецов С.А., Зимовец И.В.</u> Исследование связи источников пульсаций жесткого рентгеновского излучения с магнитными полями и электрическими токами во вспышечных областях на Солнце	61
<u>Куприянова Е.Г., Кашапова Л.К., Van Doorsselaere T., Chowdhury P., Srivastava A.</u> Индуцированные квазипериодические пульсации на фазе спада солнечной вспышки	62
<u>Куценко А.С., Абраменко В.И., Тихонова О.И.</u> Анализ скорости увеличения магнитного потока во всплывающих активных областях	63
<u>Веселовский И.С., Лукашенко А.Т., Капорцева К.Б.</u> Классификационные схемы солнечного ветра с использованием данных КА DSCOVR в 2016–17 годах	63
<u>Веселовский И.С., Лукашенко А.Т., Капорцева К.Б.</u> Статистические свойства солнечного ветра в 2016–17 гг. по данным КА DSCOVR	64
<u>Лысенко А.Л., Чариков Ю.Е., Овчинникова Е.П., Шабалин А.Н., Кузнецов С.А.</u> Энергетические спектры и временные задержки жесткого рентгеновского излучения различных классов вспышек, зарегистрированных в эксперименте Конус-Винд, RHESSI	65
<u>Лысенко А.Л., Уланов М.В., Кузнецов А.А., Голенецкий С.В., Флейшман Г.Д., Фредерикс Д.Д., Кашапова Л.К., Олейник Ф.П., Свинкин Д.С., Соколова З.Я., Цветкова А.Е., Антекаръ Р.Л.</u> KW-Sun: база данных солнечных вспышек, зарегистрированных в эксперименте Конус-Винд в жестком рентгеновском и мягком гамма диапазонах	66

<i>Цветкова А., Алтынцев А., Анфиногентов С., Фредерикс Д., Кузнецов А., Лукичева М., Лысенко А., Моторина Г., Мышьяков И., Ступишин А., Уланов М., Аптекарь Р., Флейшман Г.</i> Новый веб-ресурс по физике Солнца: реконструкция трехмерной структуры солнечных вспышек и активных областей	67
<i>Макаренко Н.Г., Волобуев Д.М., Князева И.С.</i> Дискретная математика в Солнечной Физике	68
<i>Мельников В.Ф.</i> Роль эффекта Рازیна в генерации микроволнового излучения вспышечных петель	69
<i>Мерзляков В.Л.</i> Формирование петельных структур переходной области атмосферы Солнца	70
<i>Мерзляков В.Л., Старкова Л.И.</i> Шлемовидная структура солнечной короны в эпохи минимума	70
<i>Михалев Б.Б., Манкаева Г.А., Нага Варун Е.</i> Нелинейное уравнение Шрёдингера для осесимметричных мод солнечных магнитных трубок	71
<i>Моисеев Д.А., Зимовец И.В., Журавлев Р.Н., Шестаков А.Ю., Шувалов С.Д., Шарыкин И.Н., Вовченко И.С., Вайсберг О.Л.</i> Комплекс малогабаритной аппаратуры для мониторинга и диагностики корпускулярного излучения Солнца	72
<i>Моргачев А.С., Мельников В.Ф.</i> Диагностика плазмы и магнитного поля над вспышечной петлей методом прямой подгонки	73
<i>Моргачев А.С., Цап Ю.Т., Моторина Г.Г., Смирнова В.В.</i> 3D-моделирование микроволнового излучения события 5 июля 2012 г. с положительным наклоном миллиметрового спектра	74
<i>Моторина Г.Г., Флейшман Г.Д., Контарь Э.П.</i> Соотношение и эволюция тепловой и нетепловой энергии в «холодной» солнечной вспышке	75
<i>Naga Varun E., Mikhalyaev B.B.</i> Fast sausage soliton in the coronal loops	76
<i>Наговицын Ю.А., Певцов А.А., Осипова А.А.</i> Две популяции солнечных пятен	77
<i>Кичатинов Л.Л., Непомнящих А.А.</i> Что наблюдения вращения звезд могут рассказать о солнечном динамо?	78
<i>Обридж В.Н., Рагульская М.В.</i> Раннее Солнце, физические условия на ранней Земле и происхождение жизни: совместимые модели	78
<i>Овчинникова Е.П., Чариков Ю.Е., Шабалин А.Н.</i> Влияние комптоновского рассеяния на поток жесткого рентгеновского излучения солнечных вспышек с различной угловой анизотропией источников жесткого рентгеновского излучения	80
<i>Огурцов М.Г., Хелама С.</i> Цикл Халльстатта в температуре субарктической Фенноскандии и его возможная связь с солнечной активностью	81

<u>Осипова А.А., Наговицын Ю.А.</u> Правило Вальдмайера для двух популяций пятен	81
<u>Осипова А.А., Лукичева М.А.</u> Методика выделения яркостных компонент на диске Солнца для задач 3D-моделирования солнечной атмосферы	82
<u>Васильев Г.И., Остряков В.М., Павлов А.К., Струминский А.В., Фролов Д.А.</u> Солнечные вспышки и периоды аномальной активности Солнца	83
<u>Панчелюга В.А., Владимирский Б.М., Панчелюга М.С., Серая О.Ю., Панихин В.А.</u> Выраженность периода 160 мин во временных рядах флуктуаций скорости альфа-распада	84
<u>Парфиненко Л.Д., Ефремов В.И., Соловьев А.А.</u> Глобальные колебания Солнца по данным коронографа SOHO LASCO C3	85
<u>Петерова Н.Г., Дравских А.Ф., Топчило Н.А.</u> Профиль линии нейтрального водорода на частоте 9850 Мгц с учетом эффекта Зеемана (расчет и наблюдения Солнца)	85
<u>Петерова Н.Г.</u> Активные долготы на Солнце и холодное лето 2017 г. на Северо-Западе России	86
<u>Попов В.В., Ким И.С., Осокин А.Р.</u> Крупномасштабные электрические токи в нижней К-короне 1994 и 2006 гг.	87
<u>Птицына Н.Г., Альтаморе А.</u> Становление солнечно-земной физики как научной дисциплины: к 200- летию со дня рождения итальянского астронома магнитолога и метеоролога Анжело Секки	88
<u>Птицына Н.Г., Демина И.А., Тясто М.И., Альтаморе А.</u> Влияние внутренних источников магнитного поля Земли на вековой ход авроральной активности в 1600-1900 гг.	89
<u>Романов К.В.</u> Влияние теплового прогрева на формирование корональных конденсаций в солнечной атмосфере	90
<u>Сидоренков Н.С.</u> Попытное движение Солнца и земные процессы	91
<u>Скакун А.А., Волобуев Д.М.</u> Прогноз 25-го цикла солнечной активности в терминах полного потока излучения (TSI)	92
<u>Смирнова В.В., Рыжов В.С., Лукичева М.А., Живанович И., Нагнибеда В.Г.</u> Первичная обработка данных радиотелескопа РТ-7,5 МГТУ им. Н.Э. Баумана для моделирования радиоизлучения активных областей солнечной хромосферы	92
<u>Соколов Д.Д., Мосс Д.Л.</u> Стохастический резонанс в солнечном динамо	93
<u>Соловьев А.А.</u> Генерация солнечных магнитных полей и энергоделеделение в магнитном жгуте, зажато между пятнами	94
<u>Соловьев А.А., Абрамов-Максимов В.Е., Боровик В.Н., Опейкина Л.В., Тлатов А.Г.</u> Особенности эволюции градиента магнитного поля в активной области Солнца перед большой вспышкой	95

<u>Степанов А.В., Зайцев В.В.</u> Индукционное ускорение электронов в корональных магнитных петлях	96
<u>Стрекалова П.В., Колотков Д.Ю., Смирнова В.В., Наговицын Ю.А.</u> Анализ колебательных мод магнитного поля факельных образований на Солнце	97
<u>Струминский А.Б., Садовский А.М.</u> Радиационные условия в зоне обитания различных звезд главной последовательности	98
<u>Тарбеева С.М., Соколов Д.Д.</u> Разнонаправленные волны солнечной активности в простых моделях динамо	98
<u>Тлатов А.Г.</u> Трехмерная реконструкция параметров солнечного ветра и прогноз геомагнитной активности	99
<u>Тлатов А.Г.</u> Эволюция структур с открытой конфигурацией магнитного поля Солнца в столетнем цикле активности	100
<u>Тлатова К.А., Тлатов А.Г.</u> Влияние супергрануляции на свойства биполей солнечных пятен	101
<u>Тясто М.И., Благовещенская Е.Э., Дергачев В.А., Дмитриев П.Б.</u> Квазипериодические вариации в структуре окаменевших слоистых отложений докембрия (~680 млн лет тому назад) и современные циклы солнечной активности	101
<u>Уртьев Ф., Князева И.С., Макаренко Н.Г.</u> Сравнительная эффективность топологических дескрипторов для описания сложности HMI/SDO магнитограмм в задаче прогноза больших солнечных вспышек	102
<u>Файнштейн В.Г., Егоров Я.И.</u> Рождение ударной волны, связанной с KBM, в поле зрения коронографа LASCO C3	103
<u>Филатов Л.В., Мельников В.Ф.</u> Взаимодействие турбулентности вистлеров с нетепловыми электронами во вспышечной петле	104
<u>Фурсяк Ю.А., Абраменко В.И.</u> Вертикальные электрические токи в фотосфере активной области: методика вычислений, структура и динамика	105
<u>Ковальцов Г.А., Остряков В.М., Харашин Н.С.</u> Протоны от распада солнечных нейтронов и свойства межпланетной среды	106
<u>Цап Ю.Т., Коваль А.Н., Бабин А.Н., Борисенко А.В.</u> Магнитная аномалия в тени пятна активной области NOAA 12192	107
<u>Цап Ю.Т., Степанов А.В., Копылова Ю.Г.</u> Моделирование альфвеновских мод тонких магнитных трубок в нижней атмосфере Солнца: численные и аналитические оценки	108
<u>Чариков Ю.Е., Овчинникова Е.П., Шабалин А.Н.</u> Динамика энергетических спектров жесткого рентгеновского излучения локальных источников солнечных вспышек	108

<u>Шабалин А.Н., Чариков Ю.Е.</u> Жесткое рентгеновское излучение ускоренных электронов в частично ионизованной плазме солнечных вспышек	109
<u>Шадрин Л.П.</u> Влияние турбулентности высокоскоростных потоков солнечного ветра на геомагнитные бури и суббури	110
<u>Шарыкин И.Н., Косовичев А.Г., Садыков В.М., Зимовец И.В., Мышьяков И.И.</u> Исследование взаимосвязи источников жесткого рентгеновского излучения с фотосферным и гелиосейсмическим возмущением в солнечной вспышке X1.8 23 октября 2012 г. . . .	111
<u>Шарыкин И.Н., Кузнецов А.А., Мышьяков И.И.</u> Анализ топологии магнитного поля по картам поляризации нетеплового микроволнового радиоизлучения солнечной вспышки M1.7 11 февраля 2014 г.	112
<u>Шатовская А.Н., Григорьева И.Ю., Лившиц М.А.</u> Развитие нестационарных явлений в сложной группе пятен	113
<u>Шибеев А.И.</u> Зависимость периода «вековой» гармоник ряда чисел Вольфа от длины исследуемого ряда	114
<u>Шибеев И.Г.</u> Долгосрочный прогноз солнечной активности по 150-летней гармонике и характеристикам циклов достоверной части ряда чисел Вольфа	115
<u>Эйгенсон А.М.</u> О прогнозировании землетрясений и извержений вулканов по среднесуточным индексам солнечной активности . .	115
<u>Бруевич Е.А., Якунина Г.В.</u> Характеристики крупных вспышек в 24 цикле солнечной активности	116
Оглавление	117
Список авторов	126

/Общее число тезисов на 11 сентября 2017 г.— 135/

Список авторов

- | | |
|-------------------------------------|------------------------------------|
| Chowdhury P., 62 | Бучнев А.А., 30 |
| Kleerorin N., 59 | Вайсберг О.Л., 72 |
| Naga Varun E., 75 | Васильев Г.И., 83 |
| Srivastava A., 62 | Васильев С.С., 24 |
| Van Doorselaere T., 62 | Васильева В.В., 25 |
| Yang Sh., 59 | Ватагин П.В., 59 |
| Zhang H., 59 | Веретененко С.В., 26 |
| Абдусаматов Х.И., 3–5 | Вернова Е.С., 27 |
| Абраменко В.И., 6, 63, 105 | Веселовский И.С., 44, 63, 64 |
| Абрамов-Максимов В.Е., 7, 8, 22, 95 | Владимирский Б.М., 28, 33, 84 |
| Авакян С.В., 9–11 | Вовченко И.С., 72 |
| Алексеев И.Ю., 12 | Волобуев Д.М., 28, 57, 68, 92 |
| Алексеева И.В., 50 | Вохмянин М.В., 29, 43, 44 |
| Алтынцев А., 67 | Галкин В.Д., 30 |
| Альтаморе А., 88, 89 | Гапонов В.А., 11 |
| Андреева О.А., 13 | Гетлинг А.В., 30 |
| Анфиногентов С., 67 | Голенецкий С.В., 66 |
| Аптекарь Р.Л., 66, 67 | Голубчина О.А., 31 |
| Арикан Ф., 35 | Горда С.Ю., 12 |
| Арльт Р., 43 | Гриб С.А., 32 |
| Артамонова И.В., 14 | Григорьев П.Е., 33 |
| Афанасьев А.Н., 15 | Григорьева И.Ю., 34, 113 |
| Ахтемов З.С., 13, 16 | Гуляева Т.Л., 35 |
| Бабин А.Н., 107 | Данилова О.А., 36 |
| Бакунина И.А., 7 | Демарко А.В., 33 |
| Баранов Д.Г., 27 | Демина И.А., 89 |
| Барановский Э.А., 16, 17, 28 | Демина И.М., 36 |
| Биленко И.А., 18 | Дергачев В.А., 24, 37, 56, 57, 101 |
| Билица Д., 35 | Дивлекеев М.И., 38 |
| Благовещенская Е.Э., 101 | Дмитриев П.Б., 38, 101 |
| Богод В.М., 19, 47 | Дравских А.Ф., 85 |
| Бондарь Н.И., 20 | Егоров Я.И., 15, 39, 103 |
| Борисенко А.В., 21, 107 | Елисеев А.В., 14 |
| Борисенко А.И., 17 | Ерофеев Д.В., 40 |
| Боровик В.Н., 8, 22, 95 | Ефремов В.И., 85 |
| Бруевич Е.А., 22, 23, 116 | Жеканис Г.В., 31 |
| Бурсов Н.Н., 31 | Живанович И., 41, 92 |
| | Жигалкин Р.К., 13, 21 |

Журавлев Р.Н., 72
 Загайнова Ю.С., 39, 42
 Зайцев В.В., 42, 55, 96
 Зимовец И.В., 61, 72, 111
 Золотова Н.В., 29, 43, 44
 Иванов В.Г., 45, 46
 Ихсанов Р.Н., 46
 Казачевская Т.В., 22
 Калинин А.А., 46
 Кальтман Т.И., 47, 48
 Капорцева К.Б., 63, 64
 Караханян А.А., 48
 Кацова М.М., 49
 Кашапова Л.К., 62, 66
 Ким И.С., 50, 87
 Киселев Б.В., 51
 Кичатинов Л.Л., 78
 Клочек Н.В., 51
 Князева И.С., 68, 102
 Коваль А.Н., 107
 Ковальцов Г.А., 106
 Козлова О.В., 12
 Колотков Д.Ю., 97
 Контарь Э.П., 75
 Копылова Ю.Г., 108
 Коржавин А.Н., 31, 48
 Королькова О.А., 52
 Косовичев А.Г., 111
 Костюченко И.Г., 53
 Котов В.А., 54
 Крамынин А.П., 54
 Кронштадтов П.В., 55
 Кудрявцев И.В., 56–59
 Кузнецов А.А., 66, 67, 112
 Кузнецов С.А., 61, 65
 Кузянян К.М., 59
 Кулешова А.И., 56
 Куприянова Е.Г., 62
 Курочкин Е.А., 19
 Куценко А.С., 63
 Лившиц М.А., 34, 113
 Лозицкая Н.И., 16
 Лозицкий В.Г., 16
 Лукашенко А.Т., 63, 64
 Лукичева М.А., 67, 82, 92
 Лысенко А.Л., 65–67
 Макаренко Н.Г., 28, 68, 102
 Малащук В.М., 13, 21
 Манкаева Г.А., 71
 Машнич Г.П., 51
 Мельников В.Ф., 69, 73, 104
 Мерзляков В.Л., 70
 Михалина Ф.А., 54
 Михалеев Б.Б., 71, 75
 Моисеенко Д.А., 72
 Молодых С.И., 48
 Моргачев А.С., 73, 74
 Мосс Д.Л., 93
 Моторина Г.Г., 67, 74, 75
 Мышьяков И.И., 34, 67, 111, 112
 Нага Варун Е., 71
 Нагнибеда В.Г., 92
 Наговицын Ю.А., 56, 57, 77, 81, 97
 Непомнящих А.А., 78
 Нижельский Н.А., 31
 Низамов Б.А., 49
 Никанорова И.Н., 30
 Никольский Г.А., 11
 Обридко В.Н., 78
 Овчинникова Е.П., 65, 80, 108
 Огурцов М.Г., 26, 56, 57, 81
 Олейник Ф.П., 66
 Опейкина Л.В., 8, 22, 95
 Осипова А.А., 77, 81, 82
 Осокин А.Р., 87
 Остряков В.М., 83, 106
 Павлов А.К., 83
 Панихин В.А., 84
 Панчелюга В.А., 84
 Панчелюга М.С., 84
 Парфиненко Л.Д., 85
 Певцов А.А., 77

Перебейнос В.А., 16
 Петерова Н.Г., 85, 86
 Понявин Д.И., 29
 Попов В.В., 87
 Птицына Н.Г., 88, 89
 Рагульская М.В., 78
 Рогачевский И., 59
 Романов К.В., 90
 Рыжов В.С., 92
 Садовский А.М., 98
 Садыков В.М., 111
 Свидский П.М., 19
 Свинкин Д.С., 66
 Серая О.Ю., 84
 Сидоренков Н.С., 91
 Сизоненко Ю.В., 44
 Скакун А.А., 92
 Скорбеж Н.Н., 25
 Смирнова В.В., 74, 92, 97
 Соколов Д.Д., 59, 93, 98
 Соколова З.Я., 66
 Соловьев А.А., 41, 52, 85, 94, 95
 Соловьёв А.А., 11
 Старкова Л.И., 70
 Степанов А.В., 96, 108
 Стрекалова П.В., 97
 Струминский А.Б., 83, 98
 Ступишин А.Г., 19, 67
 Таращук В.П., 16, 17, 28
 Тарбеева С.М., 98
 Тихонова О.И., 63
 Тлатов А.Г., 8, 22, 25, 59, 95, 99–101
 Тлатова К.А., 25, 101
 Топчило Н.А., 85
 Тясто М.И., 27, 36, 89, 101
 Уланов М.В., 66, 67
 Уртьев Ф., 102
 Файнштейн В.Г., 39, 42, 103
 Филатов Л.В., 104
 Флейшман Г.Д., 66, 67, 75
 Фредерикс Д.Д., 66, 67
 Фролов Д.А., 83
 Фурсяк Ю.А., 105
 Ханейчук В.И., 54
 Харахнин Н.С., 106
 Хелама С., 81
 Цап Ю.Т., 21, 74, 107, 108
 Цветкова А.Е., 66, 67
 Цыбулёв П.Г., 31
 Чариков Ю.Е., 65, 80, 108, 109
 Шабалин А.Н., 65, 80, 108, 109
 Шадрина Л.П., 110
 Шарыкин И.Н., 72, 111, 112
 Шаховская А.Н., 17, 113
 Шендрик А.В., 19
 Шестаков А.Ю., 72
 Шибаев А.И., 114
 Шибаев И.Г., 115
 Шрамко А.Д., 8
 Штерцер Н.И., 16
 Шувалов С.Д., 72
 Эверстов Н.П., 19
 Эйгенсон А.М., 115
 Якунина Г.В., 22, 23, 116
 Яснов Л.В., 8, 19