

**ИЗВЕСТИЯ  
КРЫМСКОЙ АСТРОФИЗИЧЕСКОЙ  
ОБСЕРВАТОРИИ**

Год основания издания – 1947

**ТОМ – 98(2)**

**КРЫМ – 2002**

---

В 98 томе «Известий Крымской Астрофизической Обсерватории» представлено 17 оригинальных статей, в которых обсуждаются проблемы астрофизики. Рассмотрены также вопросы техники астрофизических наблюдений и интерпретации наблюдательных данных.

В сборнике публикуются тезисы конференции «Солнечная активность и параметры ее прогноза», которая состоялась в КраО в июне 2002 г.

Сборник рассчитан на специалистов в области астрономии и астрофизики.

In the 98 volume of the «Izvestiya Krimskoy Astrophisicheskoy Observatorii» presents the 17 original papers discussing the problems of astrophysics. The problems of technique of astrophysics observations and the interpretation of the observational data are also considered.

The theses of a conference «The solar activity and parameters of its forecast» which was held at CrAO in June 2002 are published here.

The collection of papers is intended for specialists in astronomy and astrophysics.

Редакционная коллегия:

Академик НАНУ Н. В. Стешенко (председатель)  
канд. физ.-мат. наук Н. И. Шаховская (ответственный секретарь)  
доктор физ.-мат. наук Р. Е. Гершберг  
доктор физ.-мат. наук В. В. Прокофьева  
доктор физ.-мат. наук И. И. Проник  
доктор физ.-мат. наук И. С. Саванов  
доктор физ.-мат. наук Б. М. Владимирский

Рецензенты:

доктор физ.-мат. наук Д. Н. Рачковский  
доктор физ.-мат. наук Т. Т. Цап

Адрес редакции:

98409, Украина, Крым, Бахчисарайский р-н, п. Научный  
Крымская астрофизическая обсерватория  
Тел. (380) 65-54-71161  
FAX (380) 65-54-40704  
E-mail nish@crao.crimea.ua

Оригинал-макет изготовлен в редакции журнала  
Журнал зарегистрирован Государственным комитетом Украины  
по делам издательств, полиграфии и распространения книги  
7 февраля 1994 г., свидетельство КВ № 424

## ТЕЗИСЫ КОНФЕРЕНЦИИ

### “СОЛНЕЧНАЯ АКТИВНОСТЬ И ПАРАМЕТРЫ ЕЕ ПРОГНОЗА”

3 – 8 июня 2002 г.

### НАУЧНЫЙ, КРЫМ

С 3 по 8 июня 2002 г. Крымская астрофизическая Обсерватория провела в поселке Научный конференцию “Солнечная активность и параметры прогноза” с финансовой поддержкой гранта ИНТАС 2000–752.

Программа конференции состояла из пяти сессий и заключительного обсуждения проблемы “Ключевые параметры прогноза космической погоды”.

Сессия 1. Процессы в солнечной плазме.

Сессия 2. Глобальные образования и процессы на Солнце.

Сессия 3. Проявления солнечной активности.

Сессия 4. Прогноз солнечной активности и солнечный цикл.

Сессия 5. Постерная сессия.

В конференции участвовало 56 ученых из Украины и России. Из них 28 из КраО. На конференции было представлено 63 доклада. Из них 48 устных и 15 постеров. Абстракты всех присланных до конференции докладов были выставлены на WWW-странице КраО. Ниже публикуются абстракты докладов и постеров, представленные авторами в редколлегию “Известий Крымской Астрофизической Обсерватории”.

---

УДК 523.98

**Низкочастотные неустойчивости в замагниченной плазме:  
случай “слабой” неоднородности температуры для локальных  
решений дисперсионного уравнения**

*А.Н. Кришталь, С.В. Герасименко*

Главная астрономическая обсерватория НАН Украины, 03680, ул. Заболотного, 27, Киев-127, Украина

Поступила в редакцию 4 июня 2002 г.

В рамках линейного приближения теории возмущений рассматриваются условия возникновения и развития неустойчивости низкочастотных волн в плазме, находящейся во внешнем магнитном и параллельном ему слабом квазистатическом электрическом поле. Парные кулоновские столкновения описываются модельным интегралом Батнагара-Гросса-Крука. Неоднородность температуры плазмы предполагается одномерной, причем рассмотрены случаи как положительных, так и отрицательных значений температурного градиента. Для случая длинноволновых возмущений, распространяющихся почти перпендикулярно внешнему магнитному полю, показано, что при выполнении некоторых дополнительных физических условий дисперсионное уравнение представляет собой полином четвертой степени относительно безразмерной приведенной частоты. Уравнение решается методом Эйлера, причем два из четырех полученных корней оказываются неустойчивыми относительно малых возмущений. Для случая слабой неоднородности температуры, когда ионный циклотронный радиус намного меньше среднего характерного размера неоднородности, получены выражения для инкрементов развития неустойчивости. Численное моделирование на основе полученных формул проведено для значений основных параметров плазмы (плотности, температуры, напряженности полей), типичных для атмосферы вспышки в активной области (АО) на Солнце. Для конкретного уравнения состояния солнечной атмосферы учет влияния пространственной неоднородности температуры и слабого электрического поля приводит к появлению новых типов плазменных колебаний. Оказывается, что неустойчивость одного из корней дисперсионного уравнения носит отчетливо выраженный пороговый характер, т.е. соответствующая ему волна начинает генерироваться при определенном значении амплитуды медленно возрастающего слабого электрического поля. Для краткосрочного прогноза вспышки в арочной структуре этот факт может иметь решающее значение.

УДК 523.98

## The radially and latitudinally inhomogeneous alpha-effect in the solar convective zone deduced from observational signatures

*К.М. Кизанян*

ИЗМИ РАН, Троицк (IZMI RAN, Troitsk)

Поступила в редакцию 4 июня 2002 г.

The alpha-effect in mean field dynamo theory is an important driver of magnetic field regeneration. This pseudo-scalar quantity is closely linked with main properties of small-scale turbulence. For astrophysical dynamos the knowledge of the alpha-effect is rather limited, this quantity cannot be observed directly. However, we can learn something on its spatial distribution by indirect means thanks to recent advances in observations of solar magnetic fields and helioseismology.

The alpha-effect was initially associated with mean helicity of small-scale turbulent velocity. Unfortunately, this velocity is hard to reveal from available observations though recent helioseismological results yield some data on it. Instead, the alpha-effect can be also concerned with helical properties of magnetic fields. Systematic observations of current helicity and twist of magnetic fields in active regions were carried out. They reveal spatial structure of those signatures of the alpha-effects.

The distribution of the signatures of the alpha-effect based on helical properties of magnetic fields reveal that this effect is antisymmetric over the solar equator as suggested by earlier theoretical estimates. There is a number of observational results confirming that.

Here we also make use of a long series of observations of helical properties of magnetic fields in active regions and superpose that with dynamics and drift of active regions at the solar photosphere. This enable us to reveal how the signatures of the alpha-effect depend on particular rotation rate of active regions. Superposing of the latter with the internal rotation law of the solar convection zone we may deduce how the alpha-effect is distributed with depth. This yields that the alpha-effect changes its value and even a sign near the bottom of the convection zone that is in accord with theoretical studies and numerical simulation of helicities of magnetic and velocity fields within the convection zone.

The results of these studies are applied to development of simple dynamo models those nevertheless possess most properties of observable solar magnetic activity.

УДК 523.98

## Звуковые волны в атмосфере Солнца и их влияние на контуры фраунгоферовых линий

*Р.И. Костыж, Е.В. Хоменко*

Главная Астрономическая Обсерватория, НАН Украины, Киев

Поступила в редакцию 21 мая 2002 г.

По данным наблюдений невозмущенной области центра солнечного диска в спектральной линии нейтрального железа FeI 532.4185 нм, проведенных на германском башенном вакуумном телескопе ВТТ (о. Тенерифе) с высоким пространственным ( $0''.5$ ) и временными (9.3 сек.) разрешениями исследована тонкая структура (бисектор) этой линии. С помощью диагностической  $k-w$  диаграммы мы разделили поля интенсивностей и скоростей на две составляющие: конвективную и волновую. Такая процедура дала нам возможность построить бисекторы этой линии для разных моментов времени, обусловленные только конвективными движениями и, соответственно, только волновыми движениями. Смещения на разных уровнях профиля линии измерялись относительно среднего смещения центральной интенсивности. Характер бисекторов линии, обусловленный только звуковыми волнами существенно отличается от таковых, вызванных конвективными движениями. Из анализа смещений центральной интенсивности сделан вывод, что даже в области температурного минимума поле конвективных движений не разрушается, т.е. над гранулами вещество в основном поднимается, а над межгранулами – опускается. В случае волновых движений, усредненные по времени и пространству смещения центра линии не равны нулю, как следовало ожидать из общих соображений, а слабо зависят от интенсивности в континууме, причем смещения над темными межгранулами в несколько раз больше, чем над яркими гранулами. Дополнительные исследования показали, что это обусловлено различным характером распространения волны над гранулами и порулами, в частности, различием сдвигов фаз между колебаниями скорости над высоте образования континуума и всеми остальными высотами, в пределах которых образуется эта линия. Решая систему гидродинамических уравнений и используя трехмерную модель солнечной атмосферы, мы рассмотрели процесс распространения звуковой волны в движущихся гранулах и порулах. Характер изменения со временем бисектора синтезированной линии хорошо воспроизводит наблюдательные данные.

УДК 523.9; 524.37

## О влиянии эффекта бланкетирования на интенсивности линий FeI в спектрах Солнца, Проциона и Арктура

*У.Ш. Баязитов*

Башкирский Гос. Университет, Сибайский филиал АН Башкортостана, Сибай, Россия  
(E-mail: bayazit@mail.ru)

Поступила в редакцию 27 мая 200 г.

Численно промоделировано влияние эффектов бланкетирования на интенсивности линий FeI в спектрах Солнца, Арктура и Проциона. Моделирование проведено при отказе от ЛТР. Для этого использована программа MULTY (M. Carlsson. Uppsala Astron.Obs.Spec. Rep. N.33. 1986), модели атмосфер Куруца (R. Kurucz. CD-ROMs. N.18.1993), а также составленная нами 100-уровневая модель атома железа. При расчетах учтено поглощение от более чем 3000 линий атомов водорода, магния, кальция и кремния различных степеней ионизации в интервале длин волн от 1000 до 4500Å. Также учтен вклад молекулярных полос от диатомных молекул CO, CN и др. Влияние поглощения в линиях рассчитано непосредственно с помощью процедуры ABSLIN программы MULTY. Поглощающее излучение континуума линии вычислены в ЛТР приближении с учетом всех уширяющих факторов (радиативного, эффектов Штарка и Ван-дер-Ваальса).

Показано, что с уменьшением эффективной температуры звезды вклад эффектов бланкетирования от атомарных линий и молекулярных полос возрастает. Для Арктура, в среднем, эквивалентные ширины линий FeI возросли на 2%, для Солнца на 1.5% и для Проциона на 1%. Из 506 детально рассчитанных линий FeI существенным изменениям интенсивности (в два и более раз) в спектре Арктура подверглись 32 линии. У Солнца и Проциона этот показатель составил по 6 линий соответственно. Отказ от учета влияния бланкетирования может завязить реальное содержание железа на 0.02 dex и более для Солнца и звезд солнечного типа.

Наши предварительные расчеты с ограниченным числом линий показали важность учета эффектов бланкетирования на интенсивности исследуемых линий FeI, особенно для холодных звезд с температурами 4000 K и менее градусов.

УДК 523.942

## Инверсная задача для исследования неоднородностей атмосферы Солнца и звезд

*М.И. Стодилка*

Астрономическая обсерватория Львовского национального университета имени Ивана Франко, 79005 Львов, Кирилла и Мефодия, 8  
e-mail sun@astro.franko.lviv.ua

Поступила в редакцию 28 мая 2002 г.

Исследование спектров Солнца и звезд позволяет получать информацию о строении их атмосфер. Инверсные методы воспроизводят стратификацию параметров путем подгонки синтезированных и экспериментальных данных; эти методы есть эффективным и многообещающим подходом при исследовании физических условий в атмосферах Солнца и звезд по результатам наблюдений как с низкой, так и высокой пространственной и временной разрешающей способностью.

Неоднородности (гранулы, пятна, факелы и др.) мы рассматриваем погруженными в невозмущенную атмосферу, динамику процессов полагаем квазистационарной, т. е. выполняется условие горизонтального баланса давлений, вне неоднородности невозмущенная атмосфера находится в гидростатическом равновесии, а внутри неоднородности общее давление определяется газовым давлением, динамическим давлением, обусловленным движением вещества, и давлением магнитного поля. Входными данными есть: профили линий поглощения рассматриваемого химического элемента, абсолютные значения интенсивности в континууме каждой линии, стратификация газового давления в выбранной модели спокойного Солнца, а также набор соответствующих атомных параметров. Задача сводится к нахождению с использованием функций отклика стратификации концентрации атомов водорода, электронов, температуры и поля скоростей. Поставленная задача есть обратной и, как и все обратные задачи – некорректной. Некорректность можно обойти используя специальные алгоритмы обращения матрицы или вводя в условие близости профилей специальные тихоновские стабилизаторы, которые определенным образом ограничивают поведение решения и учитывают физику изучаемых процессов; второй подход более обещающий.

Для тестовой задачи мы выбрали три линии нейтрального железа: две слабые линии 671.032 нм, 670.357 нм и умеренную линию 649.494 нм, эквивалентные ширины которых 1.24 нм, 4.33 нм и 16.2 нм. Эти линии позволяют воспроизвести стратификацию параметров в широком интервале высот; глубины образования выбранных линий: 32 км – 64 км, 27 км – 162 км и 28 км – 560 км, соответственно. Три выбранные линии FeI воспроизводят температуру и поле скоростей в фотосфере: от 0 до 500 км. В центральной области воспроизводимого интервала высот средняя ошибка температуры 50°, а скоростей 0.1 км/с, на краю интервала ошибка возрастает до 150° и 0.2 км/с. Полученные стратификации параметров слабо зависят от начальных инициализаций.

Разработанный нами подход позволяет изучать неоднородности как квазистационарные образования, которые находятся в невозмущенной атмосфере, при этом отпадает проблема определения глубин образования линий и привязки полученных параметров к соответствующим слоям атмосферы. При исследовании нестационарных процессов, когда горизонтальный баланс давлений не выполняется, полученные разработанным кодом данные можно использовать как начальное при-



ближение для дальнейшего уточнения. При исследовании умеренных и сильных линий необходимо учитывать не ЛТР эффекты. При этом для каждой текущей модели приходится решать не ЛТР многоуровневую задачу переноса излучения и по полученным не ЛТР параметрам определять новые поправки к параметрам модели.

УДК 523.98

## Пульсации микроволнового излучения и диагностика вспышечной плазмы

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

<sup>1</sup> Главная астрономическая обсерватория РАН, Пулково

<sup>2</sup> Крымская астрофизическая обсерватория, 98409, Украина, Крым, Научный

Поступила в редакцию 25 мая 2002 г.

Согласно наблюдениям довольно часто излучение солнечных вспышек промодулировано квази-периодическим образом с характерным периодом  $T \sim 1 - 10$  с. В последнее время появилось много указаний на возможность возбуждения радиальных быстрых магнитозвуковых колебаний корональных петель активной области, способных эффективно модулировать излучение в различных волновых диапазонах. Между тем в условиях солнечной короны данные моды подвержены достаточно сильному затуханию из-за ионной вязкости, электронной теплопроводности, радиационных потерь, а также излучения МГД волн в окружающую среду (акустический механизм). Сравнение указанных механизмов показало, что для корональных петель с концентрацией плазмы  $n = 10^9 - 10^{11}$  см<sup>-3</sup> затухание колебаний определяется акустическим механизмом.

Для оценки величины декремента акустического затухания радиальных колебаний был использован энергетический подход (Цап, Копылова, Письма в АЖ, 2001, т. 11, с. 859). Из анализа следует, что при совпадении узла колебания полного давления или радиальной скорости с границей магнитной трубки декремент затухания минимален. Причем собственные колебания магнитной трубки являются высокодобротными, если плотность плазмы внутри трубки более, чем на два порядка превышает плотность снаружи.

Для нетеплового гиротронного механизма в рамках модели коронального пробкотрона было рассмотрено влияние радиальных колебаний магнитного поля на микроволновое излучение захваченных электронов. Установлено, что осцилляции микроволнового излучения для оптически тонкого и оптически толстого источника происходят в противофазе. Показано, что в случае реализации режима умеренной диффузии при постоянном источнике ускоренных частиц, возбуждение радиальных колебаний не приводит к изменению концентрации захваченных электронов. Приводятся соотношения позволяющие по глубине модуляции нетеплового гиротронного излучения оценить показатель спектра электронов, оптические толщины источников излучения и величину магнитного поля. На их основе для события 30 мая 1990 года определен спектр нетепловых электронов на импульсной фазе солнечной вспышки,  $\alpha \approx 4.4$ , а также магнитное поле в области энерговыделения  $B \approx 190$  Гс. Работа поддержана грантами ИНТАС № 2001 – 00543 и РФФИ № 00 – 02 – 16356.

УДК 523.98

## Баллонная неустойчивость солнечных корональных петель

Ю.Т. Цан<sup>1</sup>, Ю.Г. Копылова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Крымская астрофизическая обсерватория, 98409, Украина, Крым, Научный

<sup>2</sup> Главная астрономическая обсерватория, 196140, Россия, Санкт-Петербург, Пулково

Поступила в редакцию 6 июня 2002 г.

Из наблюдений в ультрафиолетовом и жестком рентгеновском диапазоне следует, что довольно часто вершины некоторых корональных петель имеют вид шлемовидных структур (каспов), соответствующих открытой конфигурации магнитного поля. Считается, что формирование каспов происходит в результате эрупции волокна, сопровождающейся вытягиванием магнитных силовых линий вышележащих петель с последующим их пересоединением (модель Коппа–Пноймана). Однако в последнее время появились указания на то, что образование рассматриваемых структур может происходить без участия волокон. Возникает вопрос: каков механизм их формирования?

По нашему мнению, вероятной причиной возникновения каспов является развитие баллонной неустойчивости в той области петли, где кривизна магнитных силовых линий  $R$  достигает максимальных значений.

Довольно часто, для описания баллонной неустойчивости в условиях солнечной короны прибегают к одночастичному приближению. При этом ее развитие связывается с разделением электрических зарядов, вызванных дрейфом электронов и ионов в противоположных направлениях. Между тем ввиду высокой проводимости корональной плазмы разделение зарядов может происходить лишь на малых масштабах. Поэтому, для описания крупномасштабных неустойчивостей в короне Солнца более привлекательным выглядит магнитогидродинамическое приближение.

В представленной работе в рамках МГД-приближения с помощью энергетического метода исследуется баллонная неустойчивость корональных петель. В предположении существования резкой границы между петлей и окружающей плазмой получено выражение для вариации потенциальной энергии

$$\delta W = \delta W_{V_i} + \delta W_{V_e} + 2 \frac{p_e - p_i}{R} \oint \xi_n^2 dS,$$

где  $\delta W_{V_i}$  и  $\delta W_{V_e}$  – вариации энергии внутри ( $i$ ) и снаружи ( $e$ ) магнитной петли,  $p$  – газовое давление,  $\xi_n$  – нормальная к поверхности петли  $S$  компонента смещения. Анализ показывает, что за развитие баллонной неустойчивости ответственен последний член приведенного уравнения. Петля будет неустойчива, если плазменное бета  $\beta > \delta/R$ , где  $\delta$  – характерная толщина границы. Поскольку в условиях солнечной короны  $\delta/R \ll 1$ , то развитие баллонной неустойчивости возможно даже при  $\beta \ll 1$ , что может приводить к образованию шлемовидных структур в корональных петлях.

УДК 523.98

## Prediction of the solar cycle based on dynamo theory models and nonlinear dynamics methods

*K.M. Kuzanyan*

ИЗМИ РАН, Троицк (IZMI RAN, Troitsk)

Поступила в редакцию 4 июня 2002 г.

Relation of the solar cycle period and its amplitude is a complex problem as there is no direct correlation between these two quantities. Nevertheless, the period of the cycle is of important influence to the Earth's climate. This problem has been extensively studied but there is no reasonable explanation of such mechanism given yet.

We make an attempt to analyze the solar indices data with account of recent developments of asymptotic theory of the solar dynamo. The use of the WKB method enables us the estimates of the amplitude and the period of the cycle versus dynamo wave parameters in the framework of the nonlinear development of the one-dimensional Parker's migratory dynamo. These estimates link the period  $T$  and the amplitude  $a$  with dynamo number  $D$  and thickness of the generation layer of the solar convective zone  $h$ . As previous authors, we have not revealed any considerable correlation between the above quantities calculated by usual way. However, we have found some similar dependencies with good confidence using the *running* cycle periods. We have noticed statistically significant dependencies between the Wolf numbers and the *running* period of the magnetic cycle, as well as between maximum sunspot number and duration of the phase of growth of each sunspot cycle. The latter one supports asymptotic estimates of the nonlinear dynamo wave. These dependencies may be useful for understanding the mechanism of the solar dynamo wave and prediction of the average maximum amplitude of solar cycles.

Besides that, we have noticed that the maximum amplitude of the cycle and the temporal derivative of the monthly Wolf numbers at the very beginning of the phase of growth of the cycle have high correlation coefficient of order 0.95. The link between Wolf numbers data and their derivative taken with a time shift enabled us to predict dynamics of the sunspot activity. For the current cycle 23 this yields Wolf numbers of order  $107 \pm 7$ .

In further works we used the method of singular spectral analysis (SSA) to analyze the series of Wolf numbers that characterizes the solar activity from 1748 until 1996. We examined the advantages and disadvantages of the SSA method and the conditions for its applicability to an analysis of the solar activity data. Certain regularities have been found in the dynamics of this series. Both short (10 – 11 year) and long (80–100 – year) periodicities have been revealed in the sunspot dynamics. This results in prediction with reasonable accuracy of the solar activity until 2014. The amplitude of cycle 24 is calculated a little bit higher than one of cycle 23, of order 117.

УДК 523.9 – 377

## Структура глобального магнетизма и период солнечного динамо-цикла

*В.Н. Криводубский*

Астрономическая обсерватория Киевского национального университета  
ул. Обсерваторная, 3, Киев, 04053, Украина  
E-mail: krivod1@observ.univ.kiev.ua

Поступила в редакцию 12 июня 2002 г.

В течение последних максимумов солнечной активности оба полюса магнитного поля имели одинаковый знак. Для объяснения такой магнитной аномалии некоторые исследователи допускают, что в это время доминирующей в полоидальном поле была симметричная относительно экваториальной плоскости квадрупольная мода. Поскольку пороги возбуждения дипольной и квадрупольной мод в модели турбулентного динамо, базирующейся на совместном действии дифференциального вращения (омега-эффект) и усредненной спиральной турбулентности (альфа-эффект) в солнечной конвективной зоне (СКЗ), достаточно близки (Паркер, 1971), то при незначительных вариациях физических параметров в некоторых областях СКЗ может возбуждаться квадрупольная мода. Характер возбуждаемых мод определяется значениями числа  $K\lambda$  для динамо-волны Паркера ( $K$  – волновое число динамо-волны,  $\lambda$  – протяженность области динамо): диполь требует значений  $K\lambda = -7.43$  или  $+9.10$ ; тогда как для квадрупольной моды необходимо  $K\lambda = -9.10$  или  $+7.43$ .

Одной из трудностей теории солнечного динамо остается объяснение периода цикла. Рассчитанный в кинематическом приближении период динамо-волны  $T = 2\pi / \sqrt{\frac{1}{2} \left| \alpha \cdot \frac{\partial \Omega}{\partial r} \right| \left( \frac{r}{\lambda} \right)}$  ( $\alpha$  – параметр спиральности,  $\partial \Omega / \partial r$  – радиальный градиент угловой скорости,  $r$  – расстояние от центра Солнца до области генерации) оказывается значительно короче (около одного года) (Вайнштейн и др., 1980) наблюдаемой продолжительности цикла (11 лет). Согласовать это расхождение можно при учете нелинейных эффектов. Генерируемое мощное тороидальное магнитное поле по мере его нарастания будет подавлять в первую очередь низкоэнергетические турбулентные параметры: турбулентную вязкость и связанный с ней макроскопический турбулентный диамагнетизм, и особенно, наиболее упорядоченную спиральную турбулентную конвекцию, что приводит к замедлению возбуждения полоидального поля (альфа-квенчинг) (Рюдигер, Кичатинов, 1993). Уменьшение параметра  $\alpha$  способствует удлинению расчетного периода динамо-цикла (см. выражение для  $T$ ). Магнитное же возмущение турбулентной вязкости в значительной степени подавляет турбулентный диамагнетизм (Криводубский и др., 1994), который в нижней части СКЗ действует против магнитной плавучести.

Еще одну принципиально новую возможность преодоления расхождений величин расчетного и наблюдаемого периодов совсем недавно предложили Кичатинов и Мазур (1999), которые показали, что осложнения более ранних моделей динамо связаны с неправильным учетом условий выхода вмороженных в солнечную плазму магнитных полей через верхнюю границу СКЗ. Для преодоления упомянутых затруднений вместо традиционно используемых вакуумных граничных условий (свободный выход полей из конвективной зоны) необходимо использовать сверхпроводниковые условия (ограниченная возможность выхода). В этом случае выход полей происходит только вследствие

паркеровской неустойчивости тороидального поля к образованию магнитных петель. В результате расчетное значение периода динамо-цикла может увеличиться на порядок величины (Кичатинов и др., 2000). Кроме того, согласно исследованиям Дмитриевой и др. (2000) период динамо-цикла контролируется толщиной СКЗ.

Исключительно важную роль для модельных расчетов играют гелиосейсмические измерения внутреннего вращения Солнца. Согласно новейшим измерениям поле регулярной скорости в СКЗ разделено на домены быстрого (приэкваториальная область) и медленного (околополюсные области) вращения с разными знаками радиального градиента угловой скорости  $\partial\Omega/\partial r$  (Хау и др., 2000).

По нашим расчетам (Криводубский, 1998) для модели СКЗ Стикса (Стикс, 1989) в нелинейном режиме скорость направленного вниз диамагнитного переноса вполне достаточна, чтобы скомпенсировать магнитное всплывание мощных полей. В результате, там длительное время могут удерживаться сильные магнитные поля ( $B \cong 3000 - 4000$  Гс), которые приводят к существенному подавлению  $\alpha$ -эффекта: квенчинг-функция составляет  $\cong 0.4$  (Криводубский, 1998).

Используя нашу оценку параметра спиральности (Криводубский, 1998) и значения  $\partial\Omega/\partial r$  из последних гелиосейсмических измерений на фазе роста 23-го цикла (Хау и др., 2000) нами установлено (Криводубский, 2001), что на низких широтах динамо-механизм эффективнее возбуждает диполь ( $K\lambda \cong -7$ ), тогда как на широтах выше  $50^\circ$  условия более благоприятны для возбуждения квадруполь ( $K\lambda \cong +8$ ). Возникающая северо-южная асимметрия полоидального поля позволяет объяснить наблюдаемую вблизи максимумов солнечных циклов магнитную аномалию ("монополярность") полярных полей. При этом период миграции динамо-волны  $T$  от широты  $40^\circ$  до экватора составляет приблизительно 7 лет (Криводубский, 2001), что удовлетворительно согласуется со средней продолжительностью цикла.

## Литература

- Вайнштейн С.И., Зельдович Я.Б., Рузмайкин А.А. // Турбулентное динамо в астрофизике. М.: 1980. С. 352.
- Дмитриева и др. (Dmitrieva I.V., Kuzanyan K.M., Obridko V.N.) // Solar Phys. 2000. V. 195. P. 209.
- Кичатинов Л.Л., Мазур М.В. // Письма в Астрон. Журнал. 1999. Т. 25. № 7. С. 549.
- Кичатинов и др. (Kichatinov L.L., Mazur M.V., Jardine M.) // Astron. Astrophys. 2000. V. 359. P. 531.
- Криводубский и др. (Kryvodubskiy V.N., Rudiger G., Kichatinov L.L.) // Вісн. Київ. ун-ту. Астрономія. 1994. № 33. С. 55.
- Криводубский В.Н. // Астрон. Журнал. 1998. Т. 75. № 1. С. 139.
- Криводубский В.Н. // Астрон. Журнал. 2001. Т. 78, № 9. С. 849.
- Паркер (Parker E.N.) // Astrophys. J. 1971. V. 164. P. 491.
- Рюдигер, Кичатинов (Rudiger G., Kichatinov L.L.) // Astron. Astrophys. 1993. V. 269. P. 581.
- Стикс (Stix M.) // The Sun. Berlin: 1989. P. 200.
- Хау и др. (Howe R., Christensen-Dalsgaard J., Hill F. et al.) // Science. 2000. V. 287. P. 2456.

УДК 523.982

## Солнечная активность за последние 2650 лет

В.И. Ермаков<sup>1</sup>, В.П. Охлопков<sup>2</sup>, Ю.И. Стожков<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Центральная аэрологическая обсерватория Росгидромета, г. Долгопрудный Московской области

<sup>2</sup> Научно-исследовательский институт ядерной физики МГУ, Москва

<sup>3</sup> физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва

Поступила в редакцию 20 мая 2002 г.

Имеется много доказательств, свидетельствующих в пользу того, что изменения солнечной активности (СА) влияют на климат на Земле. Поэтому для прогнозирования изменений климата необходимо прогнозировать изменения СА. В настоящей работе изложены результаты изучения вариаций СА в прошлом (за последние 2650 лет) с целью отыскания в них достаточно стабильных периодичностей, которые можно было бы использовать для прогноза вариаций СА и климата.

Поиск указанных периодичностей проводился с использованием ряда чисел Вольфа  $W$ , составленного на основе телескопических наблюдений за Солнцем с 1610 г. по настоящее время и дополненного данными Шове (1983), полученными при использовании преимущественно геоэффектов, главным образом, наблюдений за полярными сияниями. Продолжительность ряда – 2654 года (с 653 г. до н.э.) или 239 одиннадцатилетних циклов. С 1500 г. по настоящее время имеются среднегодовые значения  $W$ , а до 1500 г. в прошлое – данные о годах максимумов и минимумов 11-летних циклов и ориентировочные значения  $W$  в годы максимумов.

Спектральный анализ среднегодовых чисел  $W$  с 1500 по 2001 гг. и дополнительные расчеты показали, что этот ряд представляет собой амплитудно-модулированное колебание с одной (верхней) боковой полосой частот (АМ с ОБП). В нем присутствуют линии модулирующего колебания с периодами 400.8; 200.4 и 111.3 года, модулируемое колебание с периодом  $T_{11} = 11.07$  года и линии верхней боковой полосы 10.77; 10.49 и 10.02 года. Отличительной особенностью АМ с ОБП колебания от обычного АМ колебания является то, что в нем с течением времени  $t$  изменяется не только амплитуда  $A(t)$ , но и фаза  $\varphi(t)$ . Аналитически такое колебание выражается как  $x(t) = A(t) \cos[2\pi/T_{11} + \varphi(t)]$ . Из-за наличия члена  $\varphi(t)$  его период колеблется вокруг значения  $T_{11} = \text{const}$ .

С целью максимального исключения вариаций, обусловленных изменениями  $\varphi(t)$ , при отыскании точного значения  $T_{11}$  был использован весь ряд  $W$  продолжительностью 2654 года. В результате были найдены значения периода  $T_{11}$  и среднеквадратические отклонения от него. Они оказались равными  $T_{11} = 11.077$  г и  $\sigma = 1.8$  г для максимумов и  $T_{11} = 11.082$  г и  $\sigma = 1.5$  г – для минимумов 11-летних циклов. С учетом продолжительности ряда и значений  $\sigma$  среднее значение  $T_{11} = 11.080 \pm 0.006$  г. Фурье-анализ указанного ряда показал, что линия с периодом  $T_{200} = 200$  лет по сравнению с другими линиями имеет значительно большую амплитуду и сохраняет временную стабильность.

Последующий анализ показал, что найденные периоды  $T_{11}$  и  $T_{200}$  связаны с фундаментальными периодами вращения Солнца вокруг центра масс Солнечной системы  $T_{19} = 19.86$  г и  $T_{178} = 178.77$  г. (Жозе, 1965) эмпирическими соотношениями  $1/2T_{11} = 1/T_{19} - 1/(T_{178} + T_{19}/2)$  и  $2T_{11}/T_{200} = T_{19}/T_{178}$ . В соответствии с этими соотношениями  $T_{11} = 11.073$  г и  $T_{200} = 199.88$  г. Указанные соотношения свидетельствуют в пользу гипотезы о влиянии планет на солнечную активность, хотя они и не раскрывают физический механизм этого влияния.

Найденные значения периодов и фаз  $T_{11}$  и  $T_{200}$  могут быть использованы при прогнозе экстремумов 11-ти, 22-х и 200-летних циклов СА и изменений климата на многие сотни лет вперед. В 21 веке должен наблюдаться спад СА и вместе с ним естественное похолодание климата.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства промышленности, науки и технологий РФ (тема: "Взаимодействие гелиокосмических факторов с атмосферой Земли").

### Литература

Шове (Shove D.J.) // Sunspot cycles. Stroudsburg: Hutchinson Ross. Publ. 1983. P. 423.

Жозе (Jose P.D.) // Sun's Motion and Sunspots. The Astronomical Journal. 1965. V. 70. N 3. P. 193 – 200.



УДК 523.98

## Сравнение вариаций новых гелиомагнитных индексов

*Н.И. Лозицкая*

Астрономическая обсерватория Киевского национального университета им.Тараса Шевченко,  
Обсерваторная, 3, Киев, 01053, Украина  
e-mail: nloz@observ.univ.kiev.ua

Поступила в редакцию 10 июня 2002 г.

Сопоставлены вариации новых индексов гелиомагнитной активности:

- a) предложенного автором индекса  $B_{sp}$ ;
- b) новых индексов обсерватории Маунт Вилсон – Magnetic Plage Strength Index и Mount Wilson Spot Index (MPSI и MWSI).

Индекс  $B_{sp}$  – среднегодовые значения абсолютных величин индукции магнитного поля солнечных пятен. Его значения получены для 1924 – 2001 гг. из визуальных измерений магнитных полей в одноядерных солнечных пятнах с диаметром полутени 30 – 60 сек. дуги.

Индексы MPSI и MWSI – отношения сумм абсолютных значений магнитографических напряженностей для всех пикселей, где магнитное поле было между 10 и 100 Гс (MPSI) и более 100 Гс (MWSI), к общему количеству пикселей на магнитограммах. Мы рассматривали среднегодовые значения этих величин.

Очевидно, что MPSI и MWSI сильно зависят от площади активных областей на магнитограмме и числа пятен. Для 1970 – 2001 гг. был выполнен корреляционный анализ для получения более конкретных заключений. Получено, что магнитный индекс  $B_{sp}$  имеет умеренную связь с числами Вольфа ( $r=0.47$ ,  $p < 0.01$ ). Коэффициент корреляции между  $B_{sp}$  and MPSI равен  $r=0.40$ , а между  $B_{sp}$  and MWSI  $r=0.42$  ( $p < 0.05$ ). Напротив, индексы MPSI и MWSI имеют очень тесную связь с числами Вольфа ( $r=0.93$ ,  $p < 0.001$ ).

Это означает, что новые индексы обсерватории Маунт Вилсон сильно модулированы числом пятен на Солнце, и поэтому не представляют собой какую-нибудь чисто магнитную характеристику типа средней напряженности магнитного поля. В связи с этим актуально продолжать непрерывный ряд визуальных измерений магнитных полей солнечных пятен как в обсерватории Маунт Вилсон, так и в других обсерваториях, приступивших к визуальным магнитометрическим измерениям пятен во второй половине XX века. Усреднением данных за год мы преодолеваем несколько существенных недостатков визуальных определений напряженности магнитных полей. Первый из них – влияние на результат изменяющихся погодных условий, второй – индивидуальная погрешность отдельного измерения, третий – быстрые изменения магнитной индукции пятен. Ограничение размеров исследуемых пятен до 30 – 60 сек дуги уменьшает влияние на  $B_{sp}$  некоторого увеличения индукции из-за роста средних размеров пятен в максимумах чисел Вольфа, а также делает несущественным различный вклад рассеянного света на измерения пятен разного размера.

Для описания солнечно-земных связей важно найти гелиомагнитный индекс, с которым тесно связаны параметры магнитосферы Земли. Существующие геомагнитные индексы характеризуют возмущенность геомагнитного поля, но не основное магнитное поле Земли, сильно модулирующее интенсивность космических лучей в стратосфере. Ценность нового индекса следует из недавно по-

лученных данных о том, что индекс  $B_{sp}$  тесно связан с декадными среднеширотными значениями индукции геомагнитного поля ( $r=0.9$ ,  $p < 0.005$  для широт 55N, 65N, 80N). Геомагнитное поле посредством влияния на термодинамические процессы в стратосфере, приводит к переносу нагретых воздушных масс через тропопаузу, что отражает значительная ( $r=0.6-0.7$ ,  $p=0.1$ ) корреляционная связь между десятилетними значениями среднеширотных температур и геомагнитного поля севернее 60N. Поскольку солнечные магнитные поля, представленные индексом  $B_{sp}$ , очень тесно связаны со значениями геомагнитного поля, а оно в конечном итоге определяет температуру поверхности Земли, следует ожидать, что  $B_{sp}$  и приземная температура также коррелируют друг с другом. Сопоставление уже не десятилетних, а ежегодных значений этих параметров показывает, что между ними коэффициент корреляции равен 0.45 и достоверность связи превышает 99%.

Аналогичные корреляции с числами Вольфа, фактически представляющими MPSI и MWSI, дают значительно меньшие коэффициенты корреляции и достоверность связи на уровне 70 – 80%.

Таким образом,  $B_{sp}$  имеет явные преимущества как новый информативный гелиомагнитный индекс.

УДК 523.74

## К разработке нового индекса солнечной активности

*Н.Г. Петерова<sup>1</sup>, В.М. Богод<sup>1</sup>, Т.П. Борисевич<sup>2</sup>, А.А. Шпитальная<sup>2</sup>, Г.Н. Ильин<sup>1</sup>,  
В.Е. Абрамов-Максимов<sup>2</sup>, В.И. Гараимов<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> СПб Филиал Специальной астрофизической обсерватории РАН, Пулково

<sup>2</sup> Главная астрономическая обсерватория РАН, Пулково

<sup>3</sup> Специальная астрофизическая обсерватория РАН, пос. Нижний Архыз

Поступила в редакцию 28 мая 2002 г.

Разработана методика определения упрощенного индекса солнечной активности (СА), специально для Средств Массовой Информации, дающего представление о том, в какой фазе 11-летнего цикла (max или min) находится Солнце и насколько уровень активности превышает минимальное значение для данной фазы. Основной особенностью предлагаемого индекса ( $In$ ), в отличие от уже известных чисел Вольфа ( $W$ ) и потока радиоизлучения на волне 10.7 см ( $F_{10.7}$ ), является введение относительной 10-бальной шкалы оценки уровня СА, независимой от мощности текущего цикла СА. Такой подход не требует специальных знаний при пользовании этим индексом. С другой стороны дает населению количественное представление о том, насколько опасно Солнце в данный момент.

В основе предлагаемой методики лежат свойства общепризнанных индексов СА ( $W$  и  $F_{10.7}$ ), а также сведения о характеристиках источников S-компоненты радиоизлучения Солнца, полученные при наблюдении с высоким пространственным разрешением. Новый индекс СА рассчитывается по формуле

$$In = In^R + In^V,$$

где  $In^R$  есть сильно сглаженное за несколько циклов закодированное значение  $W$ , а  $In^V$  оценивается по радиоизлучению центра активности, преобладающего на диске Солнца в данный момент. Таким образом,  $In$  фиксирует не количество активных областей или интенсивность их интегрального радиоизлучения, а характеризует мощность активных областей, присутствующих на Солнце.

Апробация метода на материалах годичных наблюдений Солнца показала, что  $In$  достаточно хорошо фиксирует моменты, когда по диску Солнца проходит большая группа пятен с площадью  $S_p > 500$  м.д.п., а следовательно, увеличивается количество солнечных вспышек и возрастает геоэффективность СА. Методика нашла применение на телевидении, обеспечивая часть программы "Солнечный прогноз" на канале ТНТ в апреле 2001 г. – марте 2002 г.

Для фундаментальных исследований рекомендуется использовать в качестве индекса СА интегральный поток радиоизлучения Солнца в диапазоне (4 – 6) см, как имеющий определенный физический смысл и наиболее полно отражающий степень нагрева активной короны в большом интервале высот – от нескольких тыс. км до сотен тыс. км от фотосферы, и таким образом, характеризующий активность процессов, греющих корональную плазму.

Работа выполнена при частичной поддержке грантов РФФИ 02-02-16430 и 01-07-90346, а также госконтракта № 40.022.1.1.1104.

УДК 523.98

**Использование отражательной модели для анализа  
возрастаний интенсивности солнечных космических лучей  
на различных гелиоцентрических расстояниях на примере  
события, наблюдавшегося в июне 1991 года на КА ГРАНАТ и  
ULYSSES**

*Е.Е. Григоренко, Г.П. Любимов, А.В. Дмитриев*

Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скобельцына МГУ, Москва

Поступила в редакцию 20 июня 2002 г.

Рассмотрено крупномасштабное возрастание интенсивности солнечных протонов ( $E = 1 - 20$  МэВ), наблюдавшееся в июне 1991 г. в течение 26 суток в различных точках межпланетной среды: на космических аппаратах "ULYSSES" (в момент наблюдения находился на гелиоцентрическом расстоянии  $R=3$  а.е. и на угловом расстоянии  $\sim 700''$  от центрального меридиана (ЦМ)) и "ГРАНАТ" (находился на орбите Земли вне магнитосферы). Сделана аппроксимация временного профиля возрастания интенсивности солнечных космических лучей (СКЛ) на основе отражательной модели их распространения в гелиосфере. Установлено, что в данном событии перенос частиц СКЛ осуществлялся в основном в ловушках образованных фронтами радиально движущихся вспышечных возмущений. Параметры этих фронтов, полученные при моделировании данного возрастания СКЛ, позволили оценить характерные размеры таких ловушек. Сравнение результатов аппроксимации полученных для данных с ИСЗ "ГРАНАТ" и с КА "ULYSSES" выявило увеличение размера ловушки (размытие вспышечных фронтов) с ростом радиального расстояния от Солнца.

УДК 523.98

## Вариации модуля общего магнитного поля Солнца

*У.М. Лейко*

Астрономическая обсерватория Киевского национального университета имени Тараса Шевченко,  
ул. Обсерваторная, 3, Киев, 04053, Украина  
E-mail: leiko@observ.univ.kiev.ua

Поступила в редакцию 6 июня 2002 г.

Исследован временной ряд магнитографических измерений общего магнитного поля Солнца (ОМПС), выполненных в Стэнфордской обсерватории в 1975 – 2001 гг.

При визуальном просмотре кривой суточных значений ОМПС обнаружено, что в некоторые моменты ее ход резко изменяется. Длина стабильных участков колеблется от 250 до 400 суток. Предполагается, что они являются причиной возникновения пяти пиков (0.87, 0.95, 1.05, 1.18, 1.34 года) в спектре мощности знака ОМПС.

Обнаружено, что наиболее мощные пики в области периодов вращения спектров мощности напряженности и знака ОМПС имеют одинаковые значения – около 27 и 28.31 суток, в спектре модуля ОМПС – около 26.3 и 27.4 суток. Разница периодов вращения в 0.6 суток объясняется более быстрым вращением мест максимальной напряженности магнитного поля в секторе относительно секторной структуры, вследствие чего они со временем сдвигаются к ведущей границе сектора. Секторная структура остается стабильной до момента достижения максимумом напряженности критического расстояния от ведущей границы сектора. После этого происходит перестройка секторной структуры, максимум напряженности поля в секторе становится ближе к хвостовой границе сектора и начинает двигаться к ведущей границе сектора. Предполагается, что стабильные участки кривой суточных значений ОМПС соответствуют времени движения максимума напряженности поля в секторе от хвостовой границы сектора к ведущей.

УДК 523.98

## Вариации параметров энергетического спектра вспышек на Солнце в трех циклах (1972 – 2001) и явление звездных вспышек

*В.В. Касинский<sup>1</sup>, Р.Т. Сотникова<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> ИрИИТ, Иркутск 664074, Чернышевского 15

<sup>2</sup> Иркутский Гос. Университет

Поступила в редакцию 5 июня 2002 г.

Анализ вспышек звезд типа UV-Кита обнаружил степенной характер энергетического спектра (ЭС) их излучения,  $N(E > E_m) \sim E^{-b}$ .  $N$  — число вспышек, превышающих порог  $E_m$ ,  $b$  — показатель спектра. Ранее была показана справедливость такого спектра для вспышек мягкого рентгена (1 – 8 Å) в одном цикле Солнца ( $b = 0.75$ ). В работе вариации параметров ЭС прослежены за 3 цикла (56050 вспышек). За 30 лет  $\langle b \rangle = 0.662 \pm 0.005$ . В области больших энергий  $> 10^{28}$  эрг наблюдается систематический “провал” спектра, что связано с эффектом “предельной энергии” вспышки –  $\log E_m$ . В области средних энергий имеет место линейный тренд в логарифмической шкале. За 30 лет средний логарифмический спектр имеет вид:  $\log E = 31.01 - 1.51 \times \log N$ . Средние значения в эпоху минимума цикла  $\langle b \rangle = 0.637$ , а в эпоху максимума  $\langle b \rangle = 0.715 (\pm 0.005)$ . В эпоху максимума возрастает роль частых, но слабых вспышек. Максимальная предельная энергия X – вспышек за 30 лет равна  $3 \times 10^{32}$  эрг (1989 г.), а средняя  $\log E = 31.01$ , что порядка или ниже энергии в оптике  $\sim 4 \times 10^{32}$  эрг, вспышки, Авг. 1972. Реальные энергии еще ниже из-за существования “провала” (насыщения) в спектре. Показатель степени спектра  $b$  рентгеновских вспышек (0.662) существенно ниже такового для оптических вспышек ( $b = 0.80$ ), что свидетельствует в пользу большей частоты (обилия) оптических вспышек по сравнению с рентгеновскими на Солнце (как основного процесса) при равенстве энергий тех и других.

Параметры степенного спектра X – вспышек ( $\log E_m$ ,  $b$ ) показывают заметную корреляцию ( $r = 0.80 - 0.60$ ) с числами Вольфа ( $W$ ) и числом вспышек за год ( $N$ ) и 11 – летнюю модуляцию. Дефицит энергий, как параметр “глубины провала” спектра  $d(\log E)$  в области высоких  $E$  также показывает заметную 11-летнюю модуляцию ( $r = 0.76$ ) с числами  $W$  и  $N$ . Обнаружен положительный линейный тренд показателя спектра со временем  $b = 0.0041 \times T + 0.5988$ ,  $T$  — в годах, неизвестного происхождения. Указанные закономерности обсуждаются в рамках традиционных (магнитный источник энергий) и альтернативных (внешнее кинетическое возмущение) моделей вспышек на Солнце. Результаты могут быть полезными для поисков аналогичных закономерностей на звездах типа UV-Кита.

УДК 523.9

## Колебания Солнца : 1974 – 2001 гг.

*В.А. Котов, В.И. Ханейчук, Т.Т. Цап*

Крымская астрофизическая обсерватория, 98409, Украина, Крым, Научный  
e-mail: vkotov@crao.crimea.ua, han@crao.crimea.ua

Поступила в редакцию 18 мая 2002 г.

Наблюдения низкочастотных колебаний Солнца дифференциальным (“центр–край”) методом проводятся в КраО с 1974 г. За 28 лет измерения лучевой скорости фотосферы выполнены в течение 1696 дней (1974 – 2001 гг., в сумме 10538 ч). Анализ данных показал, что с 1976 г. по 1999 г. главный период пульсации был равен  $P_1 = 159.9660 \pm 0.0006$  мин (в пределах ошибки он согласуется с периодом  $159.9663 \pm 0.0007$  мин, установленным по измерениям в Стэнфордском университете за 1977 – 1994 гг.).

В 2000 – 2001 гг., как и в 1974 – 1975 гг.,  $P_1$ -колебание наблюдалось со значительно смещенной фазой, что может быть обусловлено длинным, более 45 лет, циклом активности Солнца. Природа колебания  $P_1$  и источник его возбуждения неизвестны.

УДК 523.98

## Слабые всплески мягкой компоненты рентгеновского излучения Солнца

*И.К. Мирзоева*

Институт космических исследований РАН, Профсоюзная, 84.32, 117810, Москва, Россия

Поступила в редакцию 6 июня 2002 г.

В рамках работ по международному проекту ИНТЕРБОЛ был разработан высокочувствительный детектор рентгеновского излучения РФ-15И-2, с помощью которого получены данные о мягкой и жесткой компонентах рентгеновского излучения Солнца. В представленном материале приводятся результаты сравнительного анализа среднесуточного числа рентгеновских всплесков, зарегистрированных детектором и средне-суточного числа рентгеновских всплесков, зарегистрированных в проекте GOES за период с 1995 по 1997 г., в мягкой компоненте рентгеновского излучения Солнца обнаружены всплески очень малой мощности. В течение периода с 1995 по 1999 г. выявлена тенденция смещения энергетического спектра слабых всплесков мягкой компоненты рентгеновского излучения Солнца.



УДК 523.98

## К теории баллонных возмущений во внутренней магнитосфере Земли

*О.К. Черемных, О.С. Бурдо, А.С. Парновский*

Институт Космических Исследований НАНУ-НКАУ, Киев, пр. Глушкова, 40  
e-mail:phys@space.is.kiev.ua

Поступила в редакцию 20 мая 2002 г.

Рассмотрены низкочастотные возмущения плазмы в магнитосфере, удовлетворяющие неравенствам

$$\frac{|\nabla\psi \cdot \nabla X|}{|\nabla\psi|}, \quad \frac{|(\mathbf{B} \times \nabla\psi) \cdot \nabla X|}{|\mathbf{B}| |\nabla\psi|} \gg \frac{|X|}{b}, \quad \frac{|\mathbf{B} \cdot \nabla X|}{|\mathbf{B}|},$$

где  $X$  – любая компонента вектора смещения плазмы,  $\mathbf{B}$  – магнитное поле,  $\psi$  – метка магнитной поверхности,  $b$  – характерный пространственный масштаб изменения равновесных величин. Из уравнений идеальной магнитной гидродинамики, используя общие свойства дифференциальных операторов в произвольной потоковой системе координат, условия баллонности возмущений и модель дипольного магнитного поля Земли, получена система уравнений малых колебаний, описывающая как мелкомасштабные, так и крупномасштабные возмущения. Показано, что в приближении “холодной” плазмы полученные уравнения описывают тороидальные и полоидальные альфвеновские моды. Установлено, что при учете конечного давления в магнитосферной плазме реализуется дополнительная ветвь медленных магнитозвуковых колебаний, которая “зацеплена” с полоидальной альфвеновской модой. Исследована устойчивость баллонных возмущений. Показано, что с ростом давления полоидальные альфвеновские моды переходят в неустойчивый режим. С помощью энергетического принципа и уравнений малых колебаний исследована устойчивость этих мод. Проанализирована зависимость границы устойчивости полоидальных альфвеновских мод от величины и профиля давления и параметра Мак-Илвайна. Приведены численные оценки для типичных значений плазменных параметров и радиальных профилей давления магнитосферной плазмы.

УДК 523.98

## Магнитное поле и токи в хромосфере активной области

*О.С. Гопасюк, С.И. Гопасюк*

Крымская астрофизическая обсерватория, 98409, Украина, Крым, Научный

Поступила в редакцию 6 июня 2002 г.

Исследована структура магнитного поля в хромосфере активной области (АО) по данным наблюдений продольной составляющей поля. Наблюдения четырех АО (13 серий записей) проведены одновременно в фотосферной FeI 5253 и хромосферной  $H_{\beta}$  линиях на двойном магнитографе Крымской астрофизической обсерватории. Вычисления потенциального поля выполнены по каждой записи продольного фотосферного поля с шагом  $0''25$  вдоль луча зрения в интервале высот  $0 - 6''$ . Для каждой серии наблюдений подбиралась своя структура потенциального поля. Подбор структуры потенциального поля проводился на основании максимума коэффициента корреляции между полем, наблюдаемым в  $H_{\beta}$ , и потенциальным полем. Структура наблюдаемого поля в  $H_{\beta}$  более мелкомасштабна, чем структура подобранного к нему потенциального поля. Максимальная величина коэффициента корреляции менялась от 0.97 до 0.87.

В результате сопоставлений установлено, что наблюдаемые слабые поля имеют больший наклон, чем если бы они были потенциальными. С ростом напряженности различие в наклонах обоих полей уменьшается. И при напряженности фотосферного поля  $H_{\parallel} \geq 150$  Гс наблюдаемое поле имеет меньший наклон по сравнению с полем потенциальным. В хромосфере, где давление плазмы мало по сравнению с магнитным давлением, поле не может быть в равновесии. Равновесие возможно при наличии у магнитных структур азимутальной составляющей. Отличие наблюдаемого поля от потенциального означает, что в хромосфере текут электрические токи. В хромосфере активной области наблюдаемое магнитное поле отличается от потенциального поля во всем диапазоне напряженностей. Различие имеется и по вертикальной, и по поперечной составляющим поля.

Наблюдаемое поле в хромосфере, с одной стороны, соответствует по структуре потенциальному полю. На это указывает высокий коэффициент корреляции между обоими полями. С другой стороны, наблюдаемое в хромосфере поле по характеру своего отличия от потенциального поля соответствует структуре бессилового поля. Оно является суперпозицией потенциального поля и поля токов. Потенциальное поле, вдоль которого начинает течь электрический ток любой плотности, становится бессильным.

Вычислена величина вертикального и азимутального электрических токов. В больших холмах поля над пятнами величина вертикального тока  $I_z = 10^{12}$  А и азимутального тока  $I_{\omega} = 10^{11}$  А.

УДК 523.98

## Локальные колебания в активной и невозмущенной областях поверхности Солнца

*Р.И. Костык, Н.Г. Щукина*

Главная Астрономическая Обсерватория, НАН Украины, Киев

Принят 21 мая 2002 г.

Мы исследовали эволюцию со временем среднестатистических спектров солнечной линии FeI 532.4185 нм в гранулах, порулах, пятне и флоккуле. Наблюдения проведены в августе 1996 г. на 70-см вакуумном башенном телескопе ВТТ, установленном в обсерватории Дель Тейде (о. Тенерифе) Института астрофизики на Канарах. Линия железа наблюдалась вблизи центра солнечного диска в течении 31 мин с высоким разрешением по пространству ( $< 0.5''$ ) и времени (9.3 сек). Общее число экспозиций равнялось 200, а поле зрения телескопа составляло  $0.38'' \times 89''$ . Светоприемником служила ПЗС-камера размером  $1024 \times 1024$  пиксел, соединенных попарно. Для каждого положения на диске Солнца (1 – 512) и для каждой отдельной экспозиции (1 – 200) мы измеряли интенсивность и скорость на 11 уровнях спектральной линии FeI 532.4185 нм, которые соответствовали высотам в атмосфере Солнца в пределах 20 – 480 км над уровнем образования континуума. С помощью диагностической диаграммы пространство-время мы разделили флуктуации интенсивности и скорости, обусловленные конвективными и волновыми движениями. Для этой цели использовались соответствующие высоко- и низкочастотные фильтры. Проведенные наблюдения позволили нам подробно исследовать характер локальных пятиминутных колебаний в отдельных фотосферных образованиях. Над гранулами и порулами амплитуда колебаний скорости увеличивается с высотой в атмосфере Солнца, причем колебания над порулами происходят с амплитудой (170 – 330 м/сек), которая на всех высотах в 1.1 – 1.3 раза больше, чем над порулами (120 – 260 м/сек). В пятне и флоккуле амплитуды колебаний примерно одинаковы. С высотой в атмосфере Солнца они увеличиваются лишь на высотах от 10 до 200 км (130 – 200 м/сек), а затем почти не изменяются до  $H=480$  км. Анализ сдвигов фаз показывает, что в гранулах, порулах, флоккуле и пятне колебания скорости на всех высотах в атмосфере Солнца отстают от колебаний скорости на высоте образования континуума. По абсолютной величине этот сдвиг фаз увеличивается с высотой и достигает 5 – 10 градусов на  $H=480$  км для гранул, порул и флоккула и почти 40 град. для пятна. Колебания интенсивности на всех высотах опережают колебания интенсивности на  $H=10$  км в гранулах, порулах и флоккуле, но отстают в пятне. Для всех фотосферных образований колебания интенсивности на всех высотах опережают колебания скорости. Причем, характер этой зависимости одинаковый: IV сдвиг фаз увеличивается от 30 – 50 град. на  $H=20$  км до приблизительно 100 град. на  $H=300$  км, а потом спадает до 70 – 90 град. на  $H=480$  км.

УДК 523.98

## Вариации лучевых скоростей во вспышечных петлях вспышки 1В

*С. Н. Черногор, К. В. Аликаева*

Главная Астрономическая Обсерватория, НАН Украины, Киев

Поступила в редакцию 20 июня 2002 г.

Исследовано поле лучевых скоростей на хромосферном и фотосферном уровнях во вспышечных  $H_{\alpha}$  петлях в процессе развития яркой вспышки 1b/M2.2 3.09.1990. Спектры получены на телескопе АЦУ-26 на Высокогорной наблюдательной базе на п. Терскол. Проведено сопоставление изменений во времени лучевых скоростей в вершинах и основаниях петель с вариациями интенсивности рентгеновского и  $H_{\alpha}$  излучения. Отдельные рентгеновские всплески связаны с последовательным возмущением петель в аркаде.  $H_{\alpha}$  интенсивности и скорости в основаниях петель значительно больше, чем в вершинах (аналогичная картина наблюдалась на КА Yohkoh в SXR петлях). В основаниях вспышечных петель подъем вещества отмечен в минимуме  $H_{\alpha}$  и рентгеновской интенсивности на всех уровнях. Максимумы яркости сопровождаются нисходящими движениями фотосферной плазмы. Наблюдаемые особенности поля скоростей в хромосфере и фотосфере возможно являются следствием подъема  $H_{\alpha}$  петель на ранней стадии элементарного рентгеновского всплеска и распространения вниз вдоль магнитной петли конденсации или медленных МГД волн в максимуме всплеска.

УДК 523.985 + 52-337

## Изменения магнитного поля в солнечных вспышках: сравнение спектральных наблюдений с данными SOHO/MDI

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

<sup>1</sup> Астрономическая обсерватория Киевского национального университета им.Тараса Шевченко, Обсерваторная,3, Киев, 04053, Украина

<sup>2</sup> W.W.Hansen Experimental Physics Laboratory, Stanford University, Stanford, CA 94305, USA

Поступила в редакцию 18 июня 2002 г.

Для уточнения физических моделей солнечных вспышек весьма важно получить надежные эмпирические данные о величине и характере временных изменений магнитного поля непосредственно в местах их энерговыделения. В настоящее время это довольно сложная проблема, связанная с тем, что во вспышках (особенно мощных) происходят значительные изменения профилей спектральных магниточувствительных линий, обусловленные вариациями не только магнитного поля, но и термодинамических и кинетических условий. Последнее весьма усложняет интерпретацию данных и требует применения специальных методов диагностики магнитного поля.

Соответствующие спектральные методы были ранее детально изложены в работах Лозицкая и Лозицкий (1994) и Лозицкий и др. (2000). Эти методы отличаются от техники наблюдений магнитного поля на SOHO/MDI, базирующейся на измерениях круговой поляризации в спектральной линии NiI-57 6767.78 с помощью интерферометра Майкельсона (Шерер и др., 1995).

Как спектральные, так и SOHO/MDI наблюдения (Косовичев, Жаркова, 2001) указывают на два основных эффекта в течение вспышек:

- а) постепенное уменьшение магнитной энергии в области энерговыделения вспышки от ее начала к концу, и
- б) быстрые вариации магнитного поля (типа “магнитных транзиентов”) в начальной фазе или максимуме вспышки.

Первый эффект связан с диссипацией магнитного поля в течение вспышки и является качественно одинаковым как по спектральным, так и SOHO/MDI наблюдениям. В то же время второй эффект, связанный, возможно, с импульсным воздействием высокоэнергичных частиц, выявляется несколько различным по этим двум типам данных. Для выяснения причин этого расхождения требуется дополнительное сопоставительное изучение материала наблюдений.

## Литература

- Косовичев А.Г. и Жаркова В.В. (Kosovichev A.G. and Zharkova V.V.) // *Ap. J. Lett.* 2001. V. 550. PL 105.
- Лозицкая Н. и Лозицкий В.Г. (Lozitska N. and Lozitsky V.) // *Solar Physics.* 1994. V. 151. P. 319.
- Лозицкий В.Г. и др. (Lozitsky V.G., Baranovsky E.A. et al.) // 2000, *Solar Physics.* 2000. V. 191. P. 171.
- Шерер П.Х. и др. (Scherrer P.H. et al.) // *Solar Physics.* 1995. V. 62. P. 129.

УДК 523.985

**Спектральные и  $H_{\alpha}$  наблюдения двух солнечных вспышек класса X, возникших 2 апреля 2001 года в активной области NOAA 9401: предварительные результаты**

*В.Г. Лозицкий<sup>1</sup>, И.С. Лаба<sup>2</sup>, Н.Ю. Гордовский<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Астрономическая обсерватория Киевского национального университета имени Тараса Шевченко, Киев, Украина

<sup>2</sup> Астрономическая обсерватория Львовского государственного университета имени Ивана Франко, Львов, Украина

<sup>3</sup> University of Bradford, West Yorkshire, UK

Поступила в редакцию 18 июня 2002 г.

Были изучены две солнечные вспышки в мощном активном комплексе NOAA 9401, который только в течение одних суток, 2 апреля 2001 г., дал три вспышки рентгеновского класса X. Этот комплекс возник на видимой полусфере 25.07.2001 г., очень быстро эволюционировал, и 29.03.2001 г. дал первую вспышку класса X. Нами исследованы две вспышки мощности 2B/1.4X и 2N/1.1X, имевшие максимумы  $H_{\alpha}$  эмиссии в 10:15 UT и около 11:30 UT.

Эшелонные зееман-спектрограммы вспышек получены на горизонтальном солнечном телескопе Астрономической обсерватории Киевского университета с использованием анализатора круговой поляризации. Наблюдения в  $H_{\alpha}$  выполнены на хромосферном телескопе Львовской обсерватории, который оснащен фильтром ИПФ-4 с полосой пропускания 0.5 Å. Телескоп позволяет наблюдать полный диск Солнца при диаметре изображения 50 мм и угловом разрешении до 1 сек дуги.

Первая вспышка развивалась более динамично и имела в начальной фазе широкие эмиссии водорода, а вблизи максимума – интенсивную эмиссию D3 гелия и ряд умеренных эмиссий в линиях металлов. Вторая вспышка развивалась медленнее первой и имела два максимума яркости в  $H_{\alpha}$ , приходящихся на различные области вспышки. В спектре этой вспышки также светились металлы и гелий, но эмиссия в водороде была более узкой и “двугорбой”.

В первой вспышке исследованы линии FeI 5247.1 и 5250.2. Оказалось, что имеются характерные отличия вида параметра Стокса V от ожидаемого для однородного поля, которые указывают на присутствие мелкомасштабных магнитных полей с дискретными напряженностями 2.7 и 3.9 кГс в пределах участков прямого разрешения инструмента (около 3 Мм).

Во второй вспышке отмечено систематическое преобладание продольного магнитного поля по линии FeI 5436.6 над полем по линии FeI 6302.5. Наиболее существенным (в два раза) это преобладание было в местах наибольшей эмиссии вспышки. К концу вспышки это различие напряженностей заметно уменьшилось. Данный эффект также указывает на значительную неоднородность магнитного поля перед вспышкой и на то, что к концу вспышки эта неоднородность становилась в целом менее существенной.

УДК 523.985.355.3

## Движение плазмы во вспышке и сопровождающем ее выбросе

*М.Н. Пасечник*

Астрономическая обсерватория Киевского университета им. Т. Шевченко  
ул. Обсерваторная, 3, UA 04053, Киев, Украина

Поступила в редакцию 15 мая 2002 г.

Приведены результаты определения лучевых скоростей движения хромосферного и фотосферного вещества активной области (АО) перед и во время двухленточной вспышки 4.09.1990 г. вблизи западного лимба, вспышка сопровождалась выбросом вещества. Использованы спектрограммы, полученные на пике Терскол (3100 м) на горизонтальном солнечном телескопе АЦУ-26 ГАО НАНУ. Измерения выполнены на участке спектра, включающем хромосферную линию  $H_{\alpha}$  и 13 фотосферных линий  $FeI$ ,  $SiI$ ,  $NiI$ ,  $TiI$ ,  $CaI$ ,  $CI$ , высоты их образования охватывают большую толщину фотосферы (41 – 416 км невозмущенной фотосферы). Фотометрические разрезы спектров сделаны в местах, соответствующих двум лентам вспышки и выбросу, а также АО вдали от вспышки.

За полтора часа до вспышки хромосферное вещество АО в области образования линии  $H_{\alpha}$  двигалось от наблюдателя со скоростью 0.3 – 0.9 км/с, лучевая скорость фотосферного вещества изменялась с высотой от 0.7 до 2.2 км/с. Во время вспышки максимальная скорость движения плазмы в хромосфере наблюдалась вблизи максимума интенсивности вспышки в линии  $H_{\alpha}$  и составляла – 7 км/с, в это же время в области выброса вещество двигалось со скоростью – 29 км/с. В фотосфере преобладало движение вещества от наблюдателя, причем наибольшие скорости до 2.6 км/с наблюдались в АО вдали от вспышки, в области вспышки они составляли около 1 км/с – это можно объяснить подавлением движения вещества магнитным полем.

УДК 523.985 + 52-337

## Диагностика мелкомасштабных магнитных полей в солнечной вспышке 29 марта 2001 г.

В.Г. Лозицкий<sup>1</sup>, В.В. Лозицкий<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Астрономическая обсерватория Киевского национального университета им. Тараса Шевченко, Обсерваторная, 3, Киев, 04053, Украина

<sup>2</sup> Киевский национальный университет им. Тараса Шевченко, кафедра астрономии и физики космоса, пр. Глушкова, 6, Киев, 03680, Украина

Поступила в редакцию 18 июня 2002 г.

Представлены предварительные результаты исследования вспышки 29 марта 2001 г. балла X1.7/1B в активном комплексе NOAA 9401. Эшельные зееман-спектрограммы вспышки получены на горизонтальном солнечном телескопе Астрономической обсерватории Киевского национального университета им. Тараса Шевченко. Измерения продольного магнитного поля  $B$  методом “центров тяжести” показало, что это поле по линиям FeI 6302.5 нм и FeI 6301.5 нм возрастало все первые 8 минут вспышки (включая и ее максимум), причем систематически  $B_{II}(6302.5) > B_{II}(6301.5)$ . Исследование Стоксовых профилей  $I$  и  $V$  линий FeI 6173.3 и FeI 6024.1 обнаружило определенную корреляцию между флуктуациями интенсивности в “красном” и “фиолетовом” крыльях линий и прилегающем спектральном континууме. При этом между такими флуктуациями для Стоксового параметра  $I$  наблюдалась умеренная положительная корреляция (до значений  $r = +0.54, p < 0.001$ ), тогда как для параметра  $V$  – антикорреляция (до величин  $r = -0.49, p < 0.001$ ). Учитывая, что названные эффекты наблюдались на довольно больших расстояниях от центров линий (до 640 mÅ), а также учитывая знак круговой поляризации в этих спектральных участках, можно заключить следующее. Наиболее яркий (в линии  $H_{\alpha}$ ) узелок вспышки проецировался на область с тесным контактом мелкомасштабных магнитных полей противоположного знака и дискретным набором напряженностей, включая такие значения +1.0, +1.8, -5.5, -23 и -29 кГс. Горизонтальный градиент магнитного поля составлял здесь порядка 10 Гс/км. В пользу существования таких сверхмощных магнитных полей свидетельствуют и характерные деформации стоксовых профилей  $I + V$  в ядре линии FeI 5434.5, имеющей очень низкий фактор Ланде ( $g_{lab} = -0.014$ ). Подобные деформации были обнаружены ранее в работах Лозицкого (1993, 1998).

## Литература

- Лозицкий В.Г. // Кинематика и физика небес. тел. 1993. Т. 9. j3. С. 23.  
Лозицкий В.Г. // Кинематика и физика небес. тел. 1998. Т. 14. j5. С. 401.



УДК 523.98

**Тепловые и нетепловые процессы и особенности выделения энергии во вспышке 15 июня 1991г.**

*А.Н. Бабин, А.Н. Коваль*

Крымская астрофизическая обсерватория, 98409, Украина, Крым, Научный

Поступила в редакцию 10 мая 2002 г.

На основании анализа  $H\alpha$  спектральных и монохроматических наблюдений и их сравнения с 2.85 GHz микроволновым радиоизлучением исследуется роль тепловых и нетепловых процессов и временные и пространственные особенности выделения энергии во вспышке балла 3В/X12 15 июня 1991 года. Исследуется предвспышечная, импульсная и постепенная фаза вспышки. Получены следующие результаты. 1) Предвспышечный нагрев хромосферы начался примерно за час до начала импульсного выделения энергии. 2) Два основных всплеска выделения энергии, импульсный и постепенный, произошли в пространственно разнесенных местах активной области. 3) В узле, давшем яркую эмиссию в белом свете, наблюдаемые  $H\alpha$  профили во время максимума импульсной фазы показывают особенности, характерные для нагрева хромосферы пучком нетепловых электронов и образования движущейся вниз хромосферной конденсации. Мощность потока нетепловых электронов с энергиями свыше 20 keV превосходила  $10^{11}$  эрг/см<sup>2</sup> с. В двух других импульсных узлах спектральные особенности  $H\alpha$  профилей согласуются с моделью нагрева верхней хромосферы потоком теплопроводности из области усиленного давления в короне (около  $10^3$  дин/см<sup>2</sup>). 4) Постепенное усиление в микроволновом излучении связано с возгоранием новых вспышечных узлов. Анализ морфологии и временной эволюции пространственно разрешенных вспышечных узелков и их сравнение с микроволновым излучением показали, что выделение энергии и ускорение частиц имели место и на поздней стадии вспышки. Несколько магнитных структур было вовлечено во вспышечный процесс. В некоторых вспышечных узелках наблюдалось более одного эпизода выделения энергии. 5) Нагрев хромосферы в постепенной фазе осуществлялся пучком нетепловых электронов и теплопроводностью. Относительная роль этих процессов в нагреве хромосферы изменялась с развитием вспышки.

УДК 523.98

## Движение плазмы в магнитном поле тени пятна

*О.С. Гопасюк, С.И. Гопасюк*

Крымская астрофизическая обсерватория, 98409, Крым, Украина, Научный

В исследованиях (Гопасюк О.С., 1999; Гопасюк О.С., 2000; Гопасюк С.И., Гопасюк О.С., 1998) была установлена картина движений над тенью пятен. Область температурного минимума (наблюдения в FeI 527.0 нм) оказалась границей, выше которой (в хромосфере) вертикальная составляющая скорости над тенью пятна направлена вверх, а ниже ее (в фотосфере) – вниз. В результате в области температурного минимума над тенью пятна наблюдается кажущееся нарушение уравнения непрерывности движения материи.

Для разрешения этой проблемы нами выдвинуто предположение, что на уровне температурного минимума над тенью пятна происходит диффузия плазмы в магнитное поле тени пятна. Давление плазмы внутри магнитного жгута меньше давления окружающей плазмы. Более горячая плазма, находящаяся вне магнитного поля тени пятна, попадая в область разрежения, адиабатически расширяется вдоль поля. Расширяющийся газ охлаждается и становится более тяжелым. Под действием силы тяжести он опускается вниз.

Знание температуры в области температурного минимума над тенью пятна и вне ее на том же уровне, а также знание вертикальной скорости вдоль магнитного поля в обоих сечениях силовых трубок магнитного поля на высоте температурного минимума и в фотосфере позволили определить все параметры плазмы при ее стационарном адиабатически изэнтропическом движении.

Для того, чтобы происходила диффузия плазмы в магнитное поле, давление плазмы в магнитном поле должно быть меньше давления окружающей плазмы. Согласно расчетам оно составило 40%, а плотность плазмы 60% от давления и плотности окружающей плазмы. Скорость диффузии плазмы в магнитное поле силовой трубки равна примерно 150 м/с.

Пока мы не знаем вида неустойчивости плазмы, который приводит к диффузии плазмы в магнитное поле поперек силовых линий. Тонкая структура магнитного поля несомненно должна способствовать повышению диффузии плазмы в магнитные структуры и практически не должна сказываться на величине других параметров движущейся плазмы. При движении плазмы вниз от области температурного минимума до фотосферы из-за увеличения скорости с глубиной плотность плазмы уменьшается примерно в 2 раза. В то же время, температура движущейся плазмы понижается менее чем на 4 К.

Вычисленные значения параметров подтверждают наблюдаемую картину движения плазмы в магнитном поле над тенью пятна.

## Литература

- Гопасюк О.С. // Кинематика и физика небес. тел. 1999. Т. 15. N 5. С. 413.  
Гопасюк О.С. // Кинематика и физика небес. тел. 2000. Т. 16. N 3. С. 230.  
Гопасюк С.И., Гопасюк О.С. // Кинематика и физика небес. тел. 1998. Т. 14. N 5. С. 389.

УДК 523.942.4

## Локализация мезогранул по наблюдениям с высоким пространственным разрешением

*С.Н. Осипов*

Главная астрономическая обсерватория НАН Украины, Киев

Поступила в редакцию 4 июня 2002 г.

Принято считать, что солнечная конвекция проявляется на трех типичных шкалах расстояний: грануляция ( $\sim 1$  Мм), мезогрануляция (3 – 10 Мм) и супергрануляция (15 – 30 Мм). Наиболее противоречивы результаты исследований мезогрануляции – ее характерные размеры и типичное время жизни (от 30 минут до 6 часов) сильно зависят и от методики исследований и от авторства. Исходным материалом для исследований служат как доплеровские смещения так и вариации интенсивности. Для изучения последних используются алгоритмы, которые можно разбить на две группы:

- 1) отслеживание локальных корреляций (Local Correlation Tracking)
- 2) отслеживание выбранных участков (Coherent Structure Tracking и Feature Tracking).

Первая группа обеспечивает пространственную однородность получаемых данных, вторая дает более высокую точность определения искомым горизонтальных скоростей. Погрешности таких измерений сильно зависят от качества наблюдений. Именно поэтому наблюдения на голландском телескопе DOT обсерватории Roque de los Muchachos на Ла Пальме (Канарские о-ва) представляют интерес для такого рода исследований. Телескоп DOT находится на высоте около 2300 м на западном склоне горы недалеко от кромки кратера потухшего вулкана. Его открытая конструкция (отсутствие башни как таковой) и “нечувствительность” к ветровым нагрузкам благодаря особой конструкции несущих опор в сочетании с превосходными астроклиматическими условиями позволяют получать изображения участков солнечной поверхности с уникальным качеством. В ноябре 2001 г. нами получены серии изображений спокойной и активной области центра диска Солнца одновременно в G-континууме и полосе G-band (430 нм) со скважностью 30 секунд. В настоящее время обработаны данные только для полосы G-band, которые позволяют исследовать высоты  $\sim 150$  км.

Поле горизонтальных скоростей определялось с помощью методики LCT. Первая стадия обработки данных – пространственное совмещение всех последовательных изображений. Такая процедура компенсировала крупномасштабные дрожания и дрейфы и была выполнена путем определения положения максимума пространственных кросс-спектров последовательных изображений. Затем из изображений убирались все крупномасштабные признаки. Для этого из исходного поля интенсивностей вычиталось поле усредненное по квадрату  $1.5 \times 1.5''$ . Далее изображение разбивалось на небольшие площадки  $0.8 \times 0.8''$  и для каждой двух последовательных во времени таких площадок строилась двумерная пространственная кросс-корреляционная функция. Смещение максимума этой функции определяло горизонтальное движение вещества внутри данной площадки. Мезогрануляция определялась как дивергенция горизонтальных скоростей. Несмотря на высокое качество наблюдений и компенсацию крупномасштабных дрожаний, данные наблюдений отягощены мелкомасштабными дрожаниями и искажениями (seeing). Поэтому картина смещений для двух последовательных изображений достаточно хаотична. Только при суммировании сдвигов на протя-

жении более 2 – 5 минут проявляются реальные горизонтальные движения и выявляются характерные групповые закономерности. Для спокойного Солнца при обработке ряда длиной 27 минут мезогрануляционные образования имеют как круглую так и вытяженную (волокнистую) структуру, причем размеры круглых мезогранул не превышают 2 – 4 Мм. Максимальные скорости при усреднении на таком временном промежутке не превышают 0.5 км/с. Никаких свидетельств о наличии крупномасштабных вихревых движений (vortex) не обнаружено.

Применение вышеописанной методики к данным наблюдений крупного пятна дает более выразительную картину. Из центра пятна вещество расходуется со скоростями до 0.2 км/сек. Однако уже на границе тень-полутень существует встречный направленный к центру поток генерируемый в полутени. В области внешней полутени и в окрестностях пятна вещество удаляется от пятна с характерными скоростями 0.5 км/сек. Эти результаты хорошо совпадают с выводами полученными Сobotкой и Шетерлином, которые прослеживали движения отдельных узелков яркости в полутени пятен. Область наиболее сильной положительной дивергенции в полутени отражает не отсутствие горизонтальных движений, а равенство входящих и исходящих потоков.

Помимо реальных горизонтальных движений в пятне и его окрестности отмечены волновые движения. Анализируя изменение со временем интенсивности в каждой пространственной точке и привязав эти изменения в зависимости от расстояния от центра пятна удалось выделить два доминирующих типа таких волн:

- 1) на расстояниях более 5 Мм от центра расходящиеся наружу с амплитудой  $\sim 0.5\%$  яркости, длиной волны 700 км, со скоростями 1 – 1.5 км/сек,
- 2) на расстояниях 2-4 Мм от центра пятна, амплитудой 0.5 – 1.0% и периодом  $\sim 10$  минут входящие внутрь пятна со скоростями 0.5 – 1 км/сек. Фазы поверхностных волн сохраняются по меньшей мере на протяжении 1 часа. Положение условного кольца, от которого расходятся эти волны, совпадает с областью сильной положительной дивергенции горизонтальных движений.

## Связь солнечных протонов с энергией больше 100 МэВ с рентгеновскими всплесками и SSC

*Г.А. Базилевская, А.К. Свиржевская*

Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН

Поступила в редакцию 6 июня 2002 г.

Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН с 1957 г. проводит регулярные измерения потоков заряженных частиц в атмосфере Земли от уровня моря до высот  $\sim 30 - 35$  км на нескольких географических широтах, включая северные и южные полярные широты. За период наблюдений было зарегистрировано более 100 солнечных протонных событий с интенсивностью протонов  $J(> 100 \text{ МэВ}) \geq 0.5 \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1} \text{ ср}^{-1}$  и длительностью более суток. Эти события относятся к категории так называемых постепенных событий, предположительно тесно связанных с выбросами корональной массы и ударной волной.

Практически все солнечные протонные события, зарегистрированные в наших измерениях, были связаны с рентгеновскими всплесками класса X или M. Половина событий сопровождалась внезапным началом геомагнитной бури (SSC) на первый – второй день после начала протонного события. Только в двух протонных событиях отсутствовали рентгеновские всплески, но наблюдалось SSC. Оба эти события были связаны с залимбовыми вспышками. Мы приходим к выводу, что наличие рентгеновского всплеска является необходимым условием для генерации протонов с энергией более 100 МэВ. В то же время широкое гелиодолготное распределение родительских вспышек для исследованных протонных событий говорит о важности корональной ударной волны, способной ускорить или компенсировать энергетические потери протонов при распространении в короне.

Работа выполнена при поддержке гранта INTAS 2000 – 752.

УДК 523.74

## Первые радионаблюдения коронального выброса массы на РАТАН-600

*В.Н. Боровик, В.Г. Медарь, И.Ю. Григорьева*

Главная астрономическая обсерватория РАН, Пулково

Поступила в редакцию 25 марта 2002 г.

Приводятся радиохарактеристики интенсивного источника микроволнового излучения, впервые зарегистрированного на радиотелескопе РАТАН-600 в широком диапазоне волн (1.7 – 30 см) с достаточно высоким пространственным разрешением (менее 15 угл.сек на волне 1.74 см) на ранней стадии развития коронального выброса массы (23 ноября 2000 г). Параметры радиоисточника, отождествляемого с областью интенсивного излучения в УФ (SOHO/EIT) – и в рентгеновском (Yohkoh/SXT) диапазонах (постэруптивной аркой), интерпретируются как тепловое тормозное излучение оптически тонкой плазмы с плотностью  $(2.3 - 2.6) \cdot 10^9 \text{ см}^{-3}$  при температуре (2.5 – 3.5) МК. На основе уверенно зарегистрированного поляризованного по кругу излучения источника на ряде волн в диапазоне 1.7 – 5 см делается вывод о величине продольной составляющей магнитного поля в постэруптивной арке на уровне верхней хромосферы – нижней короны, составляющей (100 – 400) Гс. Данные радионаблюдений на РАТАН-600 согласуются с результатами наблюдений Солнца на радиогелиографе в Нобеяма (Япония) на волне 1.76 см.

Работа выполнена при частичной поддержке грантов РФФИ 02-02-16548 и 00-02-18017, а также госконтракта № 40.022.1.1.1104.

УДК 523.98

## Диагностика процессов в солнечных активных областях по радиоизлучению шумовых бурь метрового диапазона волн

Ю.Ф. Юровский

Крымская Астрофизическая Обсерватория, 98409, Украина, Крым, Научный

Поступила в редакцию 20 июня 2002 г.

Солнечной шумовой бурей (ШБ) называется повышенное радиоизлучение, захватывающее широкую полосу частот метрового диапазона волн, с налагающимися на этот фоновый уровень многочисленными короткоживущими всплесками. Большая интенсивность ШБ обычно объясняется когерентным излучением потока субрелятивистских частиц, неоднородность которого приводит к появлению всплесков. Плотность плазмы уменьшается с высотой, поэтому всплески дрейфуют по частоте. Мы попытались проверить эту гипотезу по наблюдениям ШБ, учитывая, что время запаздывания генерации отдельных импульсов на двух частотах и время запаздывания пакетов этих импульсов должно быть приблизительно одинаково. Для этого был изготовлен двухканальный радиотелескоп на частоты 280 и 300 МГц, проведены наблюдения, разработана методика анализа, составлено программное обеспечение обработки наблюдений и получены численные оценки времени взаимного запаздывания импульсов различной длительности.

За период с марта по октябрь 2001 г. в течение приблизительно 100 дней вариации радиоизлучения можно было классифицировать как ШБ. Для выявления временных сдвигов и их динамики вычислялись функции взаимной корреляции (ВК) потока ШБ на последовательных не перекрывающихся участках записей. Разделение исходной записи на компоненты различной длительности осуществлялось путем ее усреднения и последующего вычитания скользящего среднего необходимого размера.

В результате выяснено, что:

- 1) Вариации временного сдвига компонент на двух частотах увеличиваются от 0.1 с до 8 с по мере увеличения длительности компонент от 0.2 с до 20 с.
- 2) Знакопеременность взаимного запаздывания и одновременное существование временных сдвигов противоположного знака свидетельствуют в пользу образования ШБ за счет турбулентности среды, а не за счет неравномерной интенсивности движущегося возмущения.

УДК 523.98

## Сравнение 4-х последних солнечных циклов в параметрах активности Солнца, гелиосферы и гелиомагнитного поля Земли

*И.С. Веселовский, Е.Е. Григоренко, А.В. Дмитриев*

НИЯФ, Москва

Поступила в редакцию 20 июня 2002 г.

Проведен анализ статистических свойств среднесуточных значений параметров солнечной активности (чисел Вольфа, среднего магнитного поля Солнца и солнечная постоянная), параметров межпланетной среды (напряженности ММП, его Vz-компоненты, напряженности индуцированного электрического поля  $EV$ , потока плазмы солнечного ветра и его динамического давления) и геомагнитных параметров ( $Dst$ -вариации, планетарного  $Ap$ -индекса и полярного  $PC$ -индекса) за период 1963 – 2002 гг., охватывающий три с половиной цикла солнечной активности. На основе метода скользящих гистограмм показано, что вариации осредненных за полгода значений основных параметров солнечной активности в солнечном цикле существенны и превосходят 1 статистическую ошибку. Значения усредненных за полгода параметров гелиосферы и геомагнитной активности варьируются с солнечным циклом слабо и лежат практически внутри коридора ошибок. Для каждого параметра оценен 1сигма порог его статистически существенных возмущений. Число дней в году, когда наблюдаются возмущения, варьируется в цикле и от цикла к циклу по-разному для разных параметров. В среднем свои наибольшие значения параметры гелиосферы и геомагнитной активности принимают в 21 и 22 солнечных циклах. 23 цикл подобно 20 имеет более низкую возмущенность во всех анализируемых параметрах, кроме среднего магнитного поля Солнца и солнечной постоянной. На основе сравнительного анализа числа возмущенных дней на различных фазах 4-х последних солнечных циклов дается оценка возможности предсказания их активности на фазе спада 23 солнечного цикла в динамике параметров межпланетной среды и геомагнитного поля.



УДК 523.98

## Векторные диаграммы “широта-время” анизотропии положений вспышек в группах пятен и параметры прогноза фазы “конец-начало” 11-летнего цикла Солнца

*В.В. Касинский*

ИрИИТ, Иркутск, Чернышевского, 15, 664074  
e-mail: vkasin@emf.iriit.irk.ru

Поступила в редакцию 20 июня 2002 г.

Диаграмма бабочек Маундера выявляет важные закономерности широтного распределения пятен с ходом 11-летнего цикла, в частности – закон Шперера. Тонкая структура диаграммы широта-время ( $\varphi - t$ ) для различных индексов активности выявляет характерные “центры действия” больших групп пятен (Витинский и др., 1986). Срединная  $F(\varphi - t)$  диаграмма и периферия физически неэквивалентны. Вспышечные параметры (их среднее положение в группах), не могут быть одинаковыми в центре и на периферии ( $F - t$ ) – диаграммы. Существует фундаментальный вопрос: является ли процесс вспышек однородным и изотропным относительно пятен как систем координат? Впервые не изотропное распределение вспышек относительно групп пятен было доказано для циклов 17 – 20 (Касинский, 1999). Диаграммы получили название векторных диаграмм “широта-время” вспышек  $R(F, t)$ . Величина  $R$  есть новый индекс солнечной активности, задающий направление на ( $F - t$ ) диаграмме. Величина  $R \geq 0$  в центре и максимальна на периферии диаграммы. Автором предложено использовать “вектор индекс”  $R$  вспышек для прогноза начала нового цикла (Касинский, 2000).

Вблизи эпохи минимумов циклов наблюдается “наложение” (перекрывтие) появления зон “старого” и “нового” циклов на 1 – 2 года. Вальдмайер строил диаграммы широта-время пятен для эпохи стыков циклов 15 – 17 отдельно для мелких, средних и крупных групп. По диаграммам Вальдмайера легко определить разность широт:  $F_i = F(\text{small}) - F(\text{Big})$ ,  $F(\text{small})$  широта малой группы,  $F(\text{Big})$  – широта ближайшей более мощной по классу. Вектор “большая – малая группа” показывает качественное согласие с векторными диаграммами вспышек. Таким образом, скалярные “бабочки” пятен в минимуме циклов NN15,16 показывают, что вероятным триггером (возмущением) для вспышечных групп являются соседние мелкие группы или “сателлиты”, по более ранней терминологии (Касинский, 1999, 2000). Предлагается прогнозировать фазу стыка “конец-начало” цикла по повороту вектор-индекса  $R$  вспышек от экваториального (старый цикл) к полярному (новый) с точностью до  $\pm 0.25$  года, что в 3 раза превышает точность по числам Вольфа ( $W$ ) (Касинский, 2000).

### Литература

- Витинский Ю.И., Копецкий М., Куклин Г.В. // Статистика пятнообразовательной деятельности Солнца. М.: Наука. 1986. С. 295.  
Касинский В.В. (Kasinsky V.V.) // Astronomical and astrophysical Transactions. Gordon and Breach sci. publish. 1999. V. 17. issue 5. P. 341.

Касинский В.В. // Эпоха перехода от "старого к новому циклу". Солнечная активность и её влияние на Землю. Владивосток, Дальнаука. 2000. в. 4. С. 55.

УДК 523.9

## Изменяется ли со временем скорость вращения Солнца ?

*В.А. Котов, В.И. Ханейчук, Т.Т. Цап*

Крымская астрофизическая обсерватория, 98409, Украина, Крым, Научный  
e-mail: vkotov@crao.crimea.ua,  
han@crao.crimea.ua

Поступила в редакцию 18 мая 2002 г.

За последние 34 года в КраО и трех других обсерваториях – Маунт Уилсон, Саяны (Иркутск) и Солнечная обсерватория им. Дж. Уилкокса (Стэнфордский университет) – сделано более 12 тыс. суточных измерений общего магнитного поля Солнца как звезды (ОМП, 1968 – 2001 гг.). Анализ данных показал, что главный период экваториального вращения магнитного поля,  $P_{\odot} = 26.929 \pm 0.015$  сут, за эти годы не изменился. Такой же, в пределах ошибки, период характеризовал и вращение секторной структуры межпланетного магнитного поля в 1926 – 1983 гг. ( $26.940 \pm 0.010$  сут). Усреднением двух значений получен наиболее точный – в среднем, за 76 лет, – период вращения ОМП и Солнца на экваторе:

$$P_{\odot} = 26.935 \pm 0.010 \text{ сут},$$

с соответствующим сидерическим периодом  $P_{\odot}' = 25.085 \pm 0.010$  сут. Долговременную стабильность вращения фотосферного поля с этим периодом трудно объяснить на основе современных представлений о природе циклической деятельности Солнца (модель Бэбкока–Лейтона) и на основе теории динамо, где неизбежно перемешивание униполярных областей фотосферы в ходе 22-летнего магнитного цикла.

Особый интерес вызывает почти-соизмеримость 7 : 2 между периодом Солнца  $P_{\odot}'$  и орбитальным движением Меркурия (с сидерическим периодом  $P_M = 87.969$  сут) – ближайшей к Солнцу планеты:

$$(2 \times P_M) / P_{\odot}' = 7.014 \pm 0.003.$$

Резонанс мог возникнуть на ранней стадии формирования Солнечной системы. Непонятен физический механизм резонанса, но в принципе, на шкале космогонического времени, он способен, по-видимому, обеспечить длительную стабильность  $P_{\odot}$ -колебания ОМП. Или, наоборот, подстроить частоту обращения Меркурия к частоте, кратной удвоенной частоте вращения секторной структуры ОМП и межпланетного магнитного поля, а также гелиосферного токового слоя. Вопрос о реальности такого механизма требует специального рассмотрения; возможна и другая, неизвестная причина, приведшая к резонансу и/или к замечательной стабильности периода  $P_{\odot}$ .

Средняя кривая изменения ОМП с периодом  $P_{\odot}$  демонстрирует значительную N-S-асимметрию, обусловленную, по-видимому, квадрупольной составляющей и “магнитным разбалансом” Солнца в целом.

УДК 523.9

## Об измерениях общего магнитного поля Солнца и эффекте “сцепления” фотонов

В.А. Котов<sup>1</sup>, С.В. Котов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Крымская астрофизическая обсерватория, 98409, Украина, Крым, Научный  
e-mail: vkotov@crao.crimea.ua

<sup>2</sup> Объединенный институт высоких температур, Москва 127412  
e-mail: skotov@kapella.gpi.ru

Поступила в редакцию 18 мая 2002 г.

Рассмотрено около 13 тыс. измерений общего магнитного поля (ОМП,  $B$ ) Солнца как звезды, выполненные за последние 34 года в четырех обсерваториях. Показано, что результаты разных магнитографов значительно расходятся между собой. Коэффициенты линейной регрессии различаются иногда более чем вдвое, что не может быть приписано инструментальным или чисто “солнечным” причинам (например, т.н. эффекту “насыщения” сигнала магнитографа, обусловленному сверхтонкой структурой магнитного поля фотосферы).

Параметры линейной регрессии данных той или иной пары инструментов, вычисленные для измерений ОМП в разные годы, также характеризуются “устойчивой нестабильностью”. Значительно расходятся между собой и данные, полученные по двум линиям нейтрального железа,  $\lambda 524.706$  нм (фактор Ландэ  $g = 2$ ) и  $\lambda 525.022$  нм ( $g = 3$ ).

Сделан вывод, что различия обусловлены не столько структурой магнитного поля фотосферы, сколько квантовой природой света. А именно: при измерениях зеемановской поляризации важную роль играет эффект “сцепления” (“entanglement”) фотонов. В него отказывался верить Эйнштейн (1966), но эффект недавно доказан экспериментально в нескольких лабораториях (см., например, Боувместер и др., 1997). “Сцепление” поляризованных фотонов-близнецов приводит к искажению измерений зеемановской поляризации и, следовательно, напряженности поля с помощью солнечного магнитографа. Наилучшее приближение к правильному значению  $B$  дает усреднение измерений, выполненных на разных инструментах, а также в разных спектральных линиях (и с разными  $g$ -факторами). Эффект может играть существенную роль при наблюдениях магнитопеременных звезд, компактных пекулярных объектов, активных ядер галактик и должен учитываться в космологии.

Один из возможных примеров квантового “магического” поведения света – загадка существования одной и той же частоты,

$$\nu_0 \approx 104.160 \text{ (мкГц) ,}$$

в вариациях Солнца (глобальные колебания) и внегалактических объектов – активных ядер галактик (быстрые, в течение ночи, флуктуации светимости; Котов и др., 1998), – в частности, ядра сейфертовской галактики NGC 4151. В соответствующих спектрах мощности присутствует, причем с высоким уровнем статистической значимости (более  $3\sigma$ ) один и тот же, в пределах ошибки, период:

$$\text{Солнце, } 1974\text{--}1982 \text{ гг. : } P_0 = 160.010 \pm 0.003 \text{ мин,}$$

NGC 4151, 1968–1994 гг.:  $P_0 = 160.011 \pm 0.001$  мин.

Самое поразительное, что значение периода не зависит от красного смещения  $z$  внегалактического объекта ( $P_0^{-1} = \nu_0$ ). О физической природе явления можно пока строить только гипотезы.

## Литература

- Эйнштейн А. // Собрание научных трудов. Т. 3. М.: Наука, 1966. С. 612.  
Бouwmeester и др. (Bouwmeester D., Pan J.-W., Mattle K., Eibl M., Weinfurter H., Zeilinger A.) // Nature. 1997. V. 390. P. 575.  
Котов В.А., Лютый В.М., Меркулова Н.И., Метик Л.П., Ханейчук В.И. // Изв. Крымск. астрофиз. обсерв. 1998. Т. 94. С. 123.
-

УДК 523.98

## О возможности прогноза вспышек по параметрам турбулентности магнитного поля

*В.И. Абраменко*

Крымская астрофизическая обсерватория, 98409, Украина, Крым, Научный

Поступила в редакцию 28 мая 2002 г.

На основе данных наблюдений полного вектора магнитного поля в активной области NOAA 6757 исследовано поведение режима турбулентности в интервале времени, начиная от 2 с половиной часов до начала вспышки и заканчивая двумя минутами после максимума вспышки балла 2В/Х1.5. Показано, что до вспышки кривизна графика показателя  $\zeta(q)$  структурных функций  $B_z$ -составляющей поля монотонно возрастает (усложнение мультифрактальности  $B_z$ -поля), а в максимуме вспышки график  $\zeta(q)$  выпрямляется и совпадает с колмогоровской прямой линией (монофрактальная структура поля  $B_z$ ). Наблюдаемый характер отклонений графика  $\zeta(q)$  от колмогоровской прямой может быть использован для краткосрочного прогноза сильных вспышек. Анализ спектров мощности  $B_z$ -составляющей поля и полей диссипации флуктуаций магнитной энергии показал, что начало вспышки связано с выходом на другой режим турбулентности, более близкий к классическому колмогоровскому. Скейлинговый параметр  $k_h$  (cancellation exponent) токовой спиральности магнитного поля держится на высоком уровне вплоть до последней регистрации поля перед вспышкой, а в максимуме вспышки он значительно понижен.

Обнаруженные изменения статистических характеристик турбулентности можно объяснить, во-первых, появлением и усилением мелкомасштабных трубок сильного поля перед вспышкой. Во-вторых, диссипация магнитной энергии происходит в основном за счет пересоединений на тангенциальных разрывах поля до вспышки и за счет аномального сопротивления плазмы после максимума вспышки, а вспышка представляет собой лавинообразный процесс устранения тангенциальных разрывов поля.

УДК 523.98

## Эволюция корональных дыр на разных высотах в атмосфере Солнца

*Н.Н. Степанян, В.М. Малащук*

Крымская астрофизическая обсерватория, 98409, Украина, Крым, Научный  
e-mail: nataly@crao.crimea.ua

Поступила в редакцию 10 июня 2002г.

Проведено сравнение площадей 104 корональных дыр, наблюдаемых в линиях HeI 10830 Å, Fe IX, X 171 Å, Fe XI 195 Å и в линии Fe XV 284 Å. Были выделены две группы корональных дыр, отличающихся характером изменения площади с высотой. Корональные дыры первой группы являются областями с открытой магнитной конфигурацией. Для корональных дыр второй группы магнитная структура на корональном уровне содержит петельные системы, яркие точки и не может считаться полностью открытой. Изменение площади корональных дыр в сутки составляет в среднем  $2 \times 10^{(E+10)}$  кв. км. Для корональных дыр первой группы изменение площади распространяется снизу. Для корональных дыр второй группы картина более сложная, изменения площади на разных уровнях часто не связаны друг с другом.

Полученные результаты важны при разработке методов прогноза солнечного ветра. Они показывают, что использование наблюдений корональных дыр только в линии HeI 10830 Å для прогноза недостаточно. Необходимо привлечение данных наблюдений короны. Возможно, что моделирование корональных магнитных полей по фотосферным наблюдениям позволит разработать прогностические методы без привлечения спутниковых данных.

Работа выполнена при поддержке гранта INTAS 2000 – 752.

УДК 523.98

## Эволюция долгоживущей корональной дыры

*Н.Н. Степанян Н.И. Штерцер*

Крымская астрофизическая обсерватория, 98409, Украина, Крым, Научный  
e-mail: nataly@crao.crimea.ua

Поступила в редакцию 10 июня 2002г.

Прослежены изменения, происходившие в приэкваториальной области Солнца вблизи точки с гелиографическими координатами  $L=0$ ,  $B=0$  в течение 42 Каррингтоновских оборотов (R1947-R1988, апрель 1999 – май 2002 гг). Развитие с R1947 по R1956 было рассмотрено ранее. В настоящей работе прослежены дальнейшие события, протекавшие в этой части Солнца. Наличие периодов, во время которых в рассматриваемой области не было КД, позволяет говорить о том, что с апреля 1999 г по май 2002 года в области  $L=0$   $B=0$  наблюдалось 4 КД существенно различной структуры. В Табл. приведены краткие сведения о них.

**Таблица 1.** Корональные дыры, наблюдаемые в линии He I 1083 нм в области  $L=0$   $B=0$  с 4 апреля 1999 г по 30 апреля 2002 г.

NN Карринг. оборотов	Даты начала и конца периода	Примечание
1948–1950	4.04.99-24.06.99	Короткоживущие КД или их отсутствие
1951–1955	24.06.99-8.11.99	Компактная КД разрушилась из-за выхода нового магнитного потока в ней.
1956–1969	8.11.99-23.11.00	Непрерывно существующая КД, заметно меняющаяся по размерам и яркости
1970–1978	23.11.00-27.07.01	Короткоживущие КД или их отсутствие
1979–1984	27.07.01-7.01.02	Слабая некомпактная КД
1985–1988	7.01.02-30.04.02	Компактная КД с резко очерченной восточной границей

С января по май 2002 года в мы наблюдали долгоживущую спокойную область, внутри которой находилась КД, медленно менявшая свое положение и яркость. Период вращения КД в 2202 г. составлял 26.5 дня, что на 0.75 дня меньше каррингтоновского периода вращения. Юго-западная граница КД расположена в непосредственной близости от довольно крупной АО, заметно менявшейся в течение рассматриваемого времени. Тем не менее, граница КД практически не меняла своей формы все это время и была резко очерчена. Северная и восточная границы отличается от нее по форме и характеру развития. Их трудно провести. Они практически отсутствуют. Число отдельных элементов с яркостью КД уменьшается с расстоянием от центра КД. В процессе развития КД отдельные яркие элементы стали появляться около долгоживущего волокна вблизи SE границы КД. В марте КД полностью охватывала это волокно. Затем, с исчезновением SE части КД исчезли



элементы КД и вокруг волокна.

Эти наблюдательные факты свидетельствуют о высокой стабильности рассматриваемой области фонового поля и корональной дыры в ней. Магнитное поле внутри КД практически не взаимодействует с магнитным полем соседней АО.

Наиболее интересным является распространение КД за пределы волокна. Для интерпретации этого факта необходимо детальное сопоставление наблюдений в линиях  $\text{HeI}$ ,  $H_\alpha$  и измерений магнитного поля. Это предполагается сделать в дальнейшем.

Работа выполнена при поддержке гранта INTAS 2000 – 752.

УДК 523.985–735

## Вспышечные индексы солнечной активности в рентгеновском и оптическом диапазоне в 22 и 23 циклах

Л.А. Акимов, И.Л. Белкина, Т.П. Бушueva

НИИ астрономии Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина

Поступила в редакцию 25 мая 2002 г.

За период с 01.01.86 г. по 30.06.2001 г. по *Solar-Geophysical Data* определены ежедневные индексы вспышечной активности в рентгеновском диапазоне (*XFI*), которые представляют собой энергию, выделенную за сутки солнечными вспышками в диапазоне мягкого рентгена. Для текущего 23 цикла определены также ежедневные вспышечные индексы Клечека (*OFI*) (Клечек, 1952). Значения *OFI* были определены также отдельно для *S*, *N*, *E*, *W* солнечных полусфер. Проведено сравнение ежедневных значений *XFI* и *OFI*, дополненных данными об *OFI* в 22 цикле, полученными Атаком (Солнечно-геофизические данные, 2000). Выборочный коэффициент корреляции  $K_{xy} = 0.98$  для всего ряда данных и несколько меняется на отдельных фазах циклов: 0.46, 0.49 (вблизи минимумов); 0.40, 0.46 (вблизи максимумов). Средняя интенсивность вспышечного рентгеновского излучения Солнца как звезды в максимуме 22 цикла была примерно в 6.7 раз больше, чем в максимуме 23 цикла. На фазе роста и вблизи максимума 23 цикла более активной была северная полусфера Солнца. Значимой восточно-западной асимметрии индекса *OFI* не обнаружено.

Исследована периодичность вспышечной деятельности Солнца в оптическом и рентгеновском диапазонах. К рассматриваемым временным рядам применялось дискретное преобразование Фурье и определялась спектральная плотность мощности (СМ). В полученных СМ выделяются отдельные частоты, квадрат гармонической амплитуды которых существенно превышает  $3\sigma$ . Для рядов *XFI* и *OFI* частоты статистически значимых пиков в основном совпадают, различаясь по мощности. Сделано заключение, что группы пиков, соответствующие периодам  $\approx 13.7, 42, 53.9, 67$  суток обусловлены своим возникновением сочетанием продолжительности существования активных комплексов, расположенных на разных гелиографических широтах, и продолжительности их видимости с Земли при вращении Солнца.

Периоды  $\approx 25.6, 36.5, 73, 116, 154$  суток вероятно отражают частоты вспышечной деятельности Солнца. Отметим, что мощности некоторых из этих периодов для рядов *XFI* и *OFI* существенно различаются. Так, для периода 154 суток квадрат гармонической амплитуды СМ оптического вспышечного индекса составляет около  $4\sigma$ , а рентгеновского –  $< 2\sigma$ ; периоды же 73 и 116 суток имеют большую мощность для рентгеновского вспышечного индекса:  $7\sigma$  в СМ *OFI*,  $10\sigma$  в СМ *XFI* и  $4\sigma$  в СМ *OFI*,  $6\sigma$  в СМ *XFI* для каждого из этих периодов соответственно.

## Литература

- Клечек (Kleczeck) // J: Publ.Inst.Centr.Astron. 1952. N22. Prague  
Солнечно-геофизические данные (Solar-Geophysical Data) // Comprehensive reports. January. 2000. N 665. Pt. 2. P. 65.

УДК 523.98

## Предвестники солнечных рентгеновских вспышек в радиошумах моносферы 18 – 26 июня 2001 г.

*С.И. Мусатенко, Е.В. Курочка, А.С. Слипченко*

Астрономическая обсерватория Киевского национального университета имени Тараса Шевченко,  
ул. Обсерваторная, 3, Киев, 04053, Украина E-mail: sim@mail.univ.kiev.ua

Поступила в редакцию 28 мая 2002 г.

В период наблюдений радиоизлучения ионосферы с 18 по 26 июня 2001 года произошло около 50 рентгеновских вспышек. Из них одна вспышка балла  $X$ , 6 вспышек балла  $M$ . При этом четыре вспышки балла  $M$  произошли в течение 3 часов, 10 самых мощных вспышек отмечены за 12 часов – с 18 ч. 22.06 до 08 ч. 30 м. 23.06.

Распределение активности по диску Солнца было таким, что около трети вспышек были расположены в восточной части солнечного диска, столько же – в западной, и для трети оставшихся вспышек координаты не определены. Солнечная активность характеризовалась:  $F10.7 = 200$ , геомагнитный индекс изменялся от  $\sum Kp=34$  до  $\sum Kp=10$ . Низкая геомагнитная активность была в дни высокой вспышечной активности.

Практически все рентгеновские вспышки имеют импульсные предвестники, которые регистрируются при измерениях радиошумов ионосферы. Предвестники концентрируются за 40, 20 и 10 минут до начала вспышки. Имеет место значительная восточно-западная асимметрия – восточные вспышки балла  $M$  имели от 7 до 9 импульсных предвестников в интервале за 50 минут до начала вспышки, западная вспышка ( $M62, W47$ ) имела только два предвестника в том же интервале.

Но следовавшая через 2 часа за  $M$  вспышками мощная импульсная вспышка балла  $X12$  имела только один слабый предвестник. Причиной этого может служить тот факт, что в этот период была низкая геомагнитная активность:  $Kp \approx 1, \sum Kp=10$ .

Проведенный анализ показал, что восточные вспышки приводят к высыпанию частиц из магнитосферы в ионосферу, а их последовательность – к опустошению магнитосферных силовых трубок. В данном случае последовательность вспышек балла  $M$  привела к интенсивным импульсным высыпаниям частиц в ионосферу на  $L \approx 2$ .

При низкой геомагнитной активности радиальная диффузия не может обеспечить быстрое заполнение магнитных силовых трубок. Поэтому последовательность мощных восточных вспышек при низкой геомагнитной активности может полностью опустошить внутреннюю магнитосферу, если нет подпитки по другим каналам. Характерное время заполнения внутреннего радиационного пояса по данным о восстановлении реакции магнитосферы на рентгеновские вспышки составляет при  $K \approx 1$  не менее 4 – 6 часов.

Таким образом, механизм появления предвестников от восточных вспышек состоит в том, что перед вспышкой генерируется поток нейтронов, которые порождают поток вторичных протонов. Их регистрируют на КА как предвспышечное возрастание СКЛ низких энергий. Вторичные протоны имеют относительно узкий диапазон энергий и, участвуя в радиальной диффузии, значительно изменяют спектр частиц во внутренней магнитосфере, что приводит к высыпанию пучков частиц и появлению импульсных всплесков – предвестников вспышек. От западных вспышек приходят

первыми первичные протоны, от восточных – вторичные протоны.

УДК 598.25

## К вопросу о прогнозировании глобальных Солнечных минимумов

Г.Я. Васильева

ГАО РАН

Поступила в редакцию 28 мая 2002 г.

Представленная 60-летним Восточным календарем матричная структура временных процессов, отслеживающая их эволюцию по четырем временным координатным осям прямоугольной и диагональной систем, оказалась доступной для проведения своеобразного спектрально волнового анализа (СВАМ) среднегодовых значений чисел Вольфа за 720 лет с 1264 по 1984 год (ряд построен с учетом реконструкции активности в прошлом (Наговицын, 1997)).

В результате удалось рассчитать в реальном времени амплитуды и соотношения фаз основных низкочастотных вариаций с периодами 120, 180 и 240 лет, обеспечивающих глубину и длительность конкретных глобальных Солнечных минимумов в прошлом, оценить роль тренда на более низких частотах, получить согласованные с другими авторами результаты в отношении прогноза ближайшего глобального минимума и максимума в конце 21 века.

1. Идея использовать прямоугольную систему временных координат восточного календаря (ВК) для анализа среднегодовых чисел Вольфа была вызвана – идентификацией рассчитанной нами 20 – 22 летней пространственной спиральной диссипативной структуры конвективной зоны Солнца в ее эволюции с переходом от одной фазы 20-22 летнего цикла к другой (Васильева, Федоров, 1981), с пульсирующей структурой “инь-ян” на небе древних китайцев (Лисевич, 1980), с одной стороны, и – опытом исследования параметров вращения Земли  $u_{ij}$ , в условиях предполагаемой пульсации Солнца и Солнечной системы в 20 – 22-летнем цикле с применением матричной структуры их исходных значений в зависимости от их места в годичной вариации ( $i = 1 \div 20$ , для интервала в 0,05 года) и места в Солнечном цикле между переполусовками ОМП ( $j = 1 \div 11 - 13$  лет), (Васильева, Кузьмина, 1998; Васильева, Кузьмина, 1994) – с другой.

Распределение среднегодовых значений  $W$  в последнем, закончившемся в 1983 шестидесятилетнем цикле производилось в соответствии с требованиями календаря, а обработка исходных данных  $u_{ij}$  в его матричной структуре производилась точно так же как в случае обработки параметров полюса Земли: двойная нормировка исходных рядов в системе лет  $i$  “небесных” и  $j$  “земных ветвей” позволяла “расцепить” исходный шестидесятилетний ряд на две компоненты  $A_j \times B_i$  и  $C_{ij}$  (Васильева, Кузьмина, 1998; Васильева, Кузьмина, 1994), произведения значений которых точно соответствовало исходному ряду. Уже на стадии обработки первых шестидесятилетних циклов среднегодовых значений  $W$  выявились особенности в характере воспроизведения 180 летних и 240 летних циклов, общим наименьшим кратным которых оказывался 720 летний цикл. Обсуждаются другие детали расчетов низкочастотных компонент  $A_j \times B_i$  и  $C_{ij}$  на стадии анализа их 12 летних значений в исходном 720 летнем цикле, построенном на основе структуры шестидесятилетнего ВК.

3. Остаются вопросы о причине того, почему наблюдается хорошее согласование между 180-летними вариациями, пятнообразовательной активности и 180 летними вариациями динамических

параметров Солнечной системы ( $R$ ,  $L_z$ ,  $\frac{dL_z}{dt}$ ) и в то же время – полное отсутствие соответствующей 240-летней компоненты в параметрах движения центров масс Солнечной системы, хотя именно комбинация 180-летнего и 240-летних циклов в  $W$  и определяет положение глобальных минимумов.

### Литература

- Васильева Г.Я., Федоров В.Г. // Phys.Solari-Terr. 1981. No 17. P. 71. Potsdam.  
Васильева Г.Я., Кузьмина В.А. (Vasileva G.J., Kuzmina V.A.) // in IAU 22 Astronomy Posters Abstracts. 1994. P. 274.  
Васильева Г.Я., Кузьмина В.А. // в сборнике “Новый цикл активности Солнца”. СПб. 1998. С. 217.  
Наговицын Ю.А. // ПАЖ. 1997. Т. 23. No 11. С. 851.

УДК 598.25

## Динамические связи между Солнцем и планетной системой в 20 – 22-х летнем и 180-и летнем циклах при рассмотрении Солнечной системы как целого

Г.А. Васильева<sup>1</sup>, М.М. Нестеров<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ГАО РАН

<sup>2</sup> СПИИРАН

Поступила в редакцию 29 мая 2002 г.

В результате сочетания двух подходов к исследованию Солнечной системы как целого (Васильева и др., 2002; Васильева, Федоров, 1981)

– с применением глобальных динамических параметров Солнечной системы в их связи с вариациями пятнообразовательной активности, хорошо известным по пионерским публикациям Jose, Прокудиной, Романчука, Пудовкина, Козелова и др, и

– с распространением свойства резонансности Солнечной системы на солнечную активность

– просматривается экспериментальная динамическая модель функционирования Солнца в процессе формирования пятнообразовательной активности в обсуждаемых циклах с перспективой их прогноза.

Суть функционирования этой модели для 20 – 22 летних циклов обусловлена

1. обменом моментов количества вращения между Солнцем (спиновый момент) и планетной системой (орбитальный момент), что приводит к торможению и раскручиванию вращения Солнца вокруг своей оси, получению и потере Солнцем энергии в объеме  $10^{39} - 10^{40}$  эрга за 10 – 11 летний цикл. При этом, момент вращения Солнца (по Аллену) вокруг оси составляет  $10^{48}$  г · см<sup>2</sup>/сек, а вокруг Центра Масс Солнечной системы – ЦМСС ( $L_z$ ) –  $1 \div 5 \cdot 10^{47}$  г · см<sup>2</sup>/сек в течение одного цикла. Что касается знака  $\frac{dL_z}{dt}$ , т.е. знака момента внешних сил, действующих на Солнце в эпохе максимумов четных и нечетных циклов, то он оказался различным в диапазоне специально исследованных циклов с 14 по 20 Цюрихской классификации.

2. изменением соотношения потенциальной и кинетической энергии Солнца в 20 – 22 летнем цикле, которое выражается как в согласовании направления закрученности 20 – 22 летней спиральной диссипативной структуры конвективных слоев Солнца со знаком  $\frac{dL_z}{dt}$ , так и в степени синхронизации вариаций пятнообразовательной активности на частотах обращения вокруг Солнца планет земной группы на разных фазах 20 – 22 летнего цикла. Оптимальная когерентность пространственных структур пятнообразовательной активности со сходной гелиоцентрической ориентацией этих планет в условиях максимумов четных и нечетных циклов отражает условия устойчивости Солнца при особом соотношении потенциальной и кинетической энергии, как это следует из теоретических и экспериментальных работ в машиностроении и апробации этих представлений в области небесной механики (Блехман, 1980). Изменения в соотношении потенциальной и кинетической энергии на Солнце в процессе энергетического обмена между Солнцем и планетной системой проясняют природу 20 – 22 летних пульсаций всего Солнца и Солнечной системы, а так же снимают противоречия между представлением об однонаправленной эволюции планетных орбит в следствие резонансности

Солнечной системы и их устойчивостью, согласно результатам Четаева (Белецкий, 1972).

Обсуждаются возможности прогнозирования наступления эпох максимума 20 – 22 летних и 180-летних циклов и их геофизических проявлений.

## Литература

1. Васильева Г.Я., Нестеров М.М., Черных Ю.В. // Кеплеровский сборник No 2. (в печати). 2002.
2. Васильева Г.Я., Федоров П.М. // Известия АН СССР. сер. физ. 1981. Т. 45. No 7. С. 1335.
3. Блехман И.И. // Синхронизация в природе и технике. М. Наука. 1980. С. 351.
4. Белецкий В.В. // Очерки о движении космических тел. М. Наука. 1972. С. 359.



УДК 598.25

## Цикл Глайсберга и ориентация Солнечной системы в Галактике

Г.Я. Васильева<sup>1</sup>, Л.И. Румянцева<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ГАО РАН

<sup>2</sup> ИПА РАН

Поступила в редакцию 28 мая 2002 г.

Анализ распределения по эклиптической гелиоцентрической долготе положений центра масс Солнечной системы (ЦМСС) в эпохи максимумов 11-летних циклов обнаруживает анизотропию этого распределения. Анизотропия состоит в том, что в течение 80 – 90 лет положение ЦМСС в эпохи максимума оказывается в диапазоне эклиптических долгот  $0 \div 90^\circ$ , а последующие 80 – 90 лет – в диапазоне  $180 \div 270^\circ$ , т.е. вблизи линий узлов галактического экватора на эклиптике. При этом, в первом случае галактическая широта отрицательна, а во втором – положительна, но в обоих случаях присутствуют циклы с разными знаками сорокалетней северо-южной асимметрии. Цикл Глайсберга представляет интерес и является предметом обсуждения во многих статьях не только по особенностям своих проявлений в вариациях активности, но и своей возможной связью с 40-летними Кондратьевскими циклами в хозяйственной и экономической жизни.

В связи с обсуждаемой анизотропией остаются открытыми два вопроса:

1. Почему эпохи максимумов 180-летних вариаций пятнообразовательной активности, рассчитанных с помощью структуры восточного календаря, связаны с положением ЦМСС в эпохи максимумов 11-летних циклов в диапазоне эклиптических долгот  $0 \div 90^\circ$ ?

2. Каким образом 40-летняя северо-южная асимметрия активности может быть связана с обнаруженной (Васильева и др., 2002) эволюцией серии экстремальных  $L_z$  значений четных циклов, разделенных 40-летним интервалом, которая, по предварительным результатам, характеризуется 360 летней воспроизводимой огибающей волной?

## Литература

Васильева Г.Я., Нестеров М.М., Черных Ю.В. // СПб. Кеплеровский сборник No 2. 2002.

УДК 598.25

## Движение полюса Земли как индикатор динамического состояния Солнечной системы на различных фазах 20-22 летнего Солнечного цикла по данным Международной Службы Широты (1890 – 1970)

Г.Я. Васильева

ГАО РАН

Поступила в редакцию 28 мая 2002 г.

1. Прогноз гео- и биофизических процессов, основанный на результатах временного мониторинга, реализуется на основе привычной для западного человека “стрелы времени”, и не принимает во внимание происходящих на этом фоне циклических процессов, в частности 20 – 22-летних пульсаций Солнца и Солнечной системы, имеющих прямой и обратный ход времени, т.е. прямую последовательность хода событий в одной половине этого цикла и обратную – в другой. Используемая нами процедура перехода от временных вариаций пятнообразовательной активности к регулярной пространственно-временной структуре диссипативных процессов на Солнце и в Солнечной системе, логическое развитие этой структуры с переходом от одной фазы 20 – 22-летнего цикла к другой, неожиданно открыли нам Солнце как субъекта в поведенческом смысле, субъекта, который воспроизводимым образом реагирует на воспроизводимые внешние воздействия. Солнце находится на другом уровне в космической иерархии, у него другие возможности взаимодействовать с бесконечностью, оно способно для нас раскрыть особенности меняющегося пространственно-временного бытия, недоступные для нашего восприятия, вследствие, по Канту ограниченных врожденных недостатков формирования категории созерцания (пространство и время) и категории рассудка (субстанция и причинность).

2. На примере обработки непрерывных рядов движения полюса Земли (изменяемости широты Пулковской обсерватории, координат X и Y, абсолютного значения отклонения мгновенного полюса от среднего R) мы впервые предприняли попытку с учетом циклических процессов в Солнечной системе, с учетом эпохи переполусовки ОМП Солнца, разделяющей фазу расширения от фазы сжатия, рассмотреть путь иной обработки геофизических рядов. Эта обработка использует матричную структуру ряда  $u_{ij}$ , каждый элемент которого зависит от среднегодового значения  $A_j$ . Величина его, в свою очередь, определяется положением в 10 – 11 летнем цикле и в структуре более низкочастотных компонент. Кроме того исходный ряд зависит от изменяющихся условий годичной вариации ( $i = 1 \div 20$ , для интервала в 0.05 года), которая может иметь свои особенности, общие для данного цикла  $B_i = \frac{1}{N} \sum \frac{u_{ij}}{A_j}$ .

Вторая нормировка исходного ряда, ограниченного переполусовками, к средней за цикл годичной вариации  $B_i$ , позволяет представить исходный ряд в виде трех компонент  $u_{ij} = A_j \times B_j \times C_{ij}$  с их последующим анализом и возможными комбинациями на протяжении рядов Солнечных циклов.

3. Предложенный метод себя оправдал и подтвердил, что предполагаемая 20 – 22-летняя пульсация Солнца и Солнечной системы охватывает и Землю. В работе приводится ряд до сих пор неопубликованных данных.

УДК 523.982 + 52-337

**Наблюдения фотосферы и магнитных полей в солнечных пятнах в рамках программы “Служба Солнца в Украине”, выполняемые в Астрономической обсерватории Киевского национального университета имени Тараса Шевченко**

*В.М. Ефименко, В.Г. Лозицкий*

Астрономическая обсерватория Киевского национального университета имени Тараса Шевченко, Обсерваторная, 3, Киев, 04053, Украина

Поступила в редакцию 18 июня 2002 г.

Наблюдения фотосферы Солнца ведутся в АО КНУ на телескопе АФР-2, позволяющем получать изображения Солнца диаметром 80 мм. Наблюдения ведутся ежедневно, в каждый ясный день, и обрабатываются по обычной для “Службы Солнца” методике для получения координат и площадей групп пятен, а также построения синоптических карт солнечной активности. В последнее время используется фотопленка “Graphax”, имеющая оптимальный контраст и позволяющая получать изображения примерно того же качества, что и на пластинках FU5, которые в настоящее время уже не выпускаются.

Визуальные измерения магнитных полей солнечных пятен ведутся в АО КНУ с 1975 г., причем с 1999 г. – в режиме регулярных наблюдений. Для измерений используется линия FeI 5250.2 и анализатор круговой поляризации. Сопоставление наших измерений с измерениями КрАО, выполняемыми в линии FeI 6302.5, показало, что они в целом хорошо согласуются, особенно для пятен диаметром 30 – 40 сек дуги. Для пятен 60 сек дуги измерения АО КНУ в среднем на 140 Гс выше, тогда как для пятен с диаметром менее 20 – 30 сек дуги данные КрАО, наоборот, выше наших (Лозицкая, 2002). Вероятной причиной этих в общем-то не слишком значительных расхождений является применение различных типов анализаторов круговой поляризации, а именно мозаики Скоморовского в сочетании с четвертьволновой пластинкой – в КрАО и призмы-расщепителя с аналогичной пластинкой – в АО КНУ. Следует заметить, что значения поля в пятнах, получаемые в обеих украинских обсерваториях, в среднем на несколько сотен гаусс выше, чем в обсерватории Маунт Вилсон (США).

## Литература

Лозицкая Н.И. // частное сообщение. 2002.

УДК 523.98

## Проект. Корональные дыры и их проявления в геосфере

*Н.Н. Степанян, Л.И. Цветков, А.Ф. Сорокин, Ю.Г. Томилин, С.А. Капустин, А.М. Цюх,  
В.Н. Французов, В.П. Власенко*

Крымская Астрофизическая Обсерватория, 98409, Украина, Крым, Научный

Поступила в редакцию 10 июня 2002 г.

Корональные дыры (КД) являются источником высокоскоростных потоков солнечного ветра. Но связь КД и характеристик солнечного ветра сложная и мало изученная. По некоторым данным магнитная конфигурация в КД не всегда открытая. По-видимому, из закрытых магнитных конфигураций солнечный ветер выходить не будет. Возможно, что параметры потока солнечного ветра зависят также от других характеристик КД (их плотности, температуры, характера границ).

Отсюда вытекает такая постановка задачи в представляемом проекте: Найти, какие характеристики КД определяют параметры потоков солнечного ветра из них. В проекте участвуют: Крымская астрофизическая обсерватория (телескоп БСТ-2 и радиотелескоп РТ-22), Центр приема научной информации Национального центра управления и испытаний космических средств (ЦПНИ НЦУИ КС), ИКИ НАНУ, НКАУ. Первый этап проекта содержит проведение работ по двум направлениям: Подготовка наблюдательной базы проекта и разработка методики совместных наблюдений и их анализа. Подготовка наблюдательной базы проекта содержала реконструкцию нескольких узлов телескопа БСТ-2. На радиотелескопе РТ-22 выработано техническое предложение на "Создание трех-волнового солнечного радиотелескопа для регулярного мониторинга Солнца" и выполнен ряд технических работ по созданию этого телескопа. В ЦПНИ НЦУИ КС проведена доработка приемно-регистрирующих трактов на выбранных средствах (РТ-70, АДУ-1000, "Орион", МА9-МКТМ4). Разработана, изготовлена и испытана дополнительная аппаратура.

Были проведены следующие методические исследования: Разработана методика одновременных наблюдений по проекту телескопом БСТ-2 с Универсальным спектрофотометром УСФ и радиотелескопами РТ-22 (КраО) и РТ-70 (ЦПНИ НЦУИ КС). Проведены одновременные наблюдения осенью 2001 и весной 2002 года.

24 сентября 2001г. получены одновременные наблюдения мощной вспышки в линии He I 1083 нм в радиоизлучении на длинах волн 6 см (РТ-70), 32 см (АДУ-1000) и на волнах 3.5 и 2.0 см. (РТ-22) Наблюдения вспышки обработаны. Получены 3 ее изображения в линии HeI 1083 нм, относящиеся к начальной, максимальной фазам и фазе спада. В максимальной фазе вспышка наблюдалась в эмиссии, интенсивность которой в 1.25 раза превышала уровень непрерывного спектра. В радиоизлучении получены записи всплеска (I,V) в интервале 8:50:05-10:24:00 UT (фаза роста) записи всплеска (I,V) в интервале 10:26 – 11:06 UT (фаза спада). На длинах волн 6 см (РТ-70), 32 см (АДУ 1000) получены изображения полного диска во время максимальной и послемаксимальной фаз вспышки.

УДК 523.98

## Радионаблюдения солнечных структур

*А.Ф. Сорокин, Ю.Г. Томилин, С.А. Капустин, А.М. Цюх, В.Н. Французов, В.П. Власенко*

ЦПНИ НЦУКС, Евпатория, Крым, Украина

Поступила в редакцию 20 июня 2002 г.

В докладе представлены первые результаты исследования радиоизлучения солнечных образований в различных диапазонах длин волн в короне и околосолнечном пространстве, выполненных по проекту “Корональные дыры и их влияние на геосферу”. Специфика изучаемых радиоисточников – большой динамический диапазон потока излучения, сложность интерпретации связи радио- и оптических изображений, потребовала перестройки и калибровки больших полноповоротных антенн и разработки методик эксперимента. По внегалактическим радиоисточникам с высокой точностью сняты аппаратные функции радиотелескопов в диапазонах 6 см. – 91 см. Проводился регулярный мониторинг радиоизлучения Солнца в этих диапазонах. Измерены пространственные распределения радиоизлучающих структур до расстояний  $\sim 30R_{\odot}$ . Проведены поляризационные измерения пространственных распределений радиоисточников в круговой и линейной поляризациях на этих размерах. Получены спектры мощности потоков радиоизлучения в акустическом диапазоне, показавшие существенное обогащение спектра в момент вспышки. По этим данным получены аналитические зависимости спада плотности радиоизлучающих объектов в околосолнечном пространстве для различных концентраций электронов  $\sim 10^8 - 10^{11}$  в различные периоды времени. Поляризационные измерения показали, что глобальное магнитное поле Солнца, скорее всего, имеет геометрию зеркальной ловушки сформированной в общем, галактическом поле. В таком поле происходит накопление плазмы в центральной плоскости магнитной ловушки, что подтверждено результатами сканирования в двух круговых поляризациях. По результатам сканирования видимого диска Солнца, с помощью разработанных методик построены радиоизображения и оценены расстояния от поверхности Солнца, на которых реабсорбцией излучения можно пренебречь для различных диапазонов длин волн. Это позволит построить пространственную картину распределения электронной плотности в околосолнечном пространстве и облегчит отождествление радиоструктур с наблюдаемыми в оптическом диапазоне.

УДК 523.98

## Диагностика гелиоактивности по наблюдениям на РТ-22

*И.А. Будзиновская, М.М. Поздняков, Л.И. Цветков*

Крымская астрофизическая обсерватория, 98409, Украина, Крым, Научный

Поступила в редакцию 20 мая 2002 г.

Для краткосрочной диагностики солнечной активности и геоэффективности вспышек нужны спектрально-поляризационные наблюдения в широком диапазоне длин волн с привлечением оптических данных и спутниковых измерений в рентгеновском диапазоне. В течение многих лет на радиотелескопе РТ-22 проводились поляризационные наблюдения Солнца в сантиметровом диапазоне. На первом этапе – с помощью поляриметра на волну 3.15 см, далее – с помощью трехволнового и, наконец, четырехволнового поляриметра. По результатам наблюдений оценивались различные прогностические параметры. Определены высоты локальных источников и время выхода вспышечно активных групп пятен из-за лимба. Обнаружен баланс разных знаков поляризации радиоизлучения перед некоторыми сильными всплесками. Выявлены признаки протонности вспышек, основанные на соотношении спектральных индексов в диапазоне 3.5 – 2.5 см / 2.5 – 1.95 см. Для протонных событий характерен рост степени поляризации радиоизлучения с уменьшением длины волны. Мощные комплексы активности характеризуются увеличением потока радиоизлучения в коротковолновой части диапазона 2.0 – 3.5 см. Перед мощными вспышками в радиоизлучении локальных источников происходит изменение временного спектра пульсаций в интервале периодов 5 – 30 мин. Развитие локальных источников сопровождается наличием квазипериодической последовательности микровсплесков с характерным периодом около 80 мин. Предвестники в виде коротких импульсных всплесков и “ступеньки” в радиоизлучении локальных источников отражают предвспышечные изменения в активных областях. Анализ пульсаций радиояркостности из областей расположения корональных дыр на диске Солнца позволил обнаружить ряд периодичностей, совпадающих по значению периода с глобальными колебаниями Солнца. Разработана методика прогноза солнечной активности по радионаблюдениям (проект СОПСА-Р) на базе двух солнечных радиотелескопов и РТ-22 в многолучевом режиме. Прогноз мог осуществляться по 12 критериям (Цветков, 1998). Освоена методика построения радиоизображений Солнца на волнах 3.5; 2.8; 2.3 и 2.0 см в интенсивности и поляризованном по кругу излучении. Радиоизображения на нескольких длинах волн являются основой для выработки критериев прогноза солнечной активности по радионаблюдениям (Баранов и др., 1998) В 2001 году разработана “Система мониторинга солнечной активности на базе радиотелескопа РТ-22 КраО и малых радиотелескопов”. Она предусматривает расширение диапазона спектрально-поляризационного комплекса РТ-22 и РТ-3, завершение строительства радиотелескопа сантиметровых волн РТ-2, разработку и создание миллиметрового радиотелескопа РТ-1 (Цветков, 2001).

### Литература

Цветков Л.И. // Докторская диссертация. 1998. С. 407.

Цветков Л.И. // В сб.: 11-я Международная конференция "СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии" 2001. Севастополь. С. 99.

Баранов Н.В., Будзиновская И.А., Цветков Л.И. // Кинематика и физика неб. тел. 1998. Т. 14. N 6. С. 531.

---

УДК 551.590.2

## О возможном влиянии некоторых геофизических и гелиофизических факторов на возникновение аварий при глубоком газовом бурении

Ю.В. Александров<sup>1</sup>, И.Л. Белкина<sup>2</sup>, А.М. Грецкий<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Кафедра астрономии

<sup>2</sup> НИИ астрономии Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина

Поступила в редакцию 20 мая 2002 г.

Приводятся результаты исследования возможного влияния приливных ускорений силы тяжести и изменений геомагнитного поля на аварии и осложнения при бурении глубоких газовых скважин по данным о числе аварий за период с 01.01.90 г. по 30.04.01 г., предоставленным институтом УКР-НИИГАЗ.

Был рассчитан массив среднесуточных значений полных приливных ускорений и его горизонтальной компоненты (Мельхиор, 1975) для того же временного интервала и в том же количестве, что и массив аварий. Оба массива рассматривались как выборки значений случайной величины. Обнаружена разница между выборочными средними значениями приливных ускорений и равномерным распределением, а именно, эмпирическое среднее оказалось больше теоретического и для полного значения приливного ускорения, и для его горизонтальной компоненты. С помощью критерия Пирсона  $\chi^2$  и критерия Колмогорова показано, что гипотеза о полностью случайном характере событий по отношению к значениям приливных ускорений маловероятна и можно принять гипотезу о наличии влияния приливных ускорений на количество аварийных событий. Наиболее существенным оказалось влияние горизонтальной компоненты приливного ускорения.

Проведено также исследование возможного влияния геофизических эффектов, обусловленных солнечной активностью, на число аварийных ситуаций. Использовалась следующая методика определения возможной статистической зависимости. Каждый из 4138 дней исследуемого периода был оценен в 4-х бальной системе (от 0 до 3) по вспышечной активности Солнца (ВАС) и по геомагнитной активности (МАС). Для оценок использовались следующие данные из SGD: *H $\alpha$  Solar Flares*, *GOES Solar X-ray Flares* и *Principal Magnetic Storms*. Суточные значения ВАС и МАС, рассматриваемые как независимые выборки случайных величин, сравнивались с выборкой числа аварий за сутки (ГАС). Вычислены значения нормированных на произведение  $\sigma_x\sigma_y$  взаимных корреляционных функций  $K_{xy}$  со смещением от 1 до 27 суток для массивов значений ВАС и ГАС, а также МАС и ГАС. Максимальное значение нормированной корреляционной функции для массивов вспышки – аварии достигается при сдвиге на одни сутки, при этом  $K_{xy} = 0.061$ . Для массивов МАС и ГАС максимальное значение  $K_{xy} = 0.33$  и достигается при нулевом сдвиге. Показана статистическая значимость полученных корреляционных зависимостей.

### Литература

Мельхиор П. // Физика и динамика планет. М.: Мир. 1975. С. 575.



УДК 523.98

## Определение аппаратной функции по наблюдениям спокойного края солнечного диска

*К.В. Парчевский*

Крымская астрофизическая обсерватория, 98409, Украина, Крым, Научный

Поступила в редакцию 22 мая 2002 г.

Методы восстановления и обработки изображений играют ключевую роль при исследовании тонкой структуры солнечных образований. Влияние атмосферы приводит к размыванию изображения и, как следствие, ухудшению разрешающей способности телескопа. В настоящее время используется несколько принципиально различных подходов к решению проблемы восстановления солнечных изображений. В данной работе предлагается непараметрический метод восстановления аппаратной функции по наблюдениям солнечного лимба. Полученная таким образом аппаратная функция может быть использована для восстановления изображения протуберанцев. Наблюдаемое изображение  $f(x, y)$ , восстанавливаемое изображение  $g(x', y')$  и аппаратная функция (ядро)  $K(x, y)$  удовлетворяют следующему интегральному уравнению Фредгольма первого рода

$$\iint_D K(x - x', y - y')g(x', y') dx' dy' = f(x, y),$$

которое решается либо относительно  $K(x, y)$  при восстановлении аппаратной функции, либо относительно  $g(x, y)$  при восстановлении изображения. При восстановлении ядра из исходного изображения  $f(x, y)$  используется спокойный участок солнечного лимба. Используя метод разделения переменных, задача восстановления аппаратной функции (в предположении, что истинное изображение края представляет собой полуплоскость) была решена в квадратурах. Показано, что сечение аппаратной функции  $K(x, y)$  вертикальной плоскостью, проходящей через начало координат, равно производной от функции размывания края солнечного диска. Преимущество данного подхода заключается в том, что при восстановлении аппаратной функции не делается никаких априорных предположений о виде ее функциональной зависимости.

В качестве исходных данных берется фотография солнечного протуберанца на которой присутствует достаточно протяженный участок спокойного лимба. При больших увеличениях можно пренебречь кривизной края солнечного диска. Граница фотосферы Солнца при наблюдении в крыле линии  $H_\alpha$  имеет очень резкий край, так что для наших целей можно считать, что истинное изображение края  $g(x', y')$  представляет собой полуплоскость. Функция размывания края солнечного диска может быть получена усреднением изображения края вдоль прямых, параллельных краю. Таким образом, зная функцию размывания края, можно решить интегральное уравнение относительно ядра  $K$ , предполагая, что истинное изображение представляет собой полуплоскость. Для последующего восстановления изображения протуберанца  $g(x', y')$  необходимо решить то же самое интегральное уравнение, где в качестве правой части  $f(x, y)$  выступает все изображение (а не только часть лимба), а в качестве ядра  $K(x, y)$  – восстановленная аппаратная функция. Уравнение решается методом тихоновской регуляризации. Специфическая форма ядра, зависящего от разности аргументов, позволяет использовать алгоритмы быстрого преобразования Фурье, что ускоряет

вычисления и уменьшает объем оперативной памяти, необходимый для реализации алгоритма восстановления изображения.

УДК 523.98

## Солнечные пятна и хромосферные образования на синоптических картах

*Н.Н. Степанян, Р.К. Жигалкин, Н. И. Штерцер*

Крымская астрофизическая обсерватория, 98409, Украина, Крым, Научный

Поступила в редакцию 10 июня 2002 г.

В Крымской астрофизической обсерватории в течение многих лет на телескопе БСТ-2 проводятся наблюдения магнитных полей пятен. Эти данные передаются в три Мировых Центра Данных и публикуются в бюллетене "Солнечные данные". С 1998 года они выставляются в INTERNET на сайте КрАО <http://astro/Projects/solar/sunspot/>.

С 1996 года в КрАО на телескопе БСТ-2 с Универсальным Солнечным Спектрофотометром проводятся наблюдения в инфракрасной линии HeI 1083 нм (Степанян и др., 2001). Изображения диска Солнца в этой линии, получаемые с 1999 г., также выставляются на сайте КрАО <http://astro/Projects/solar/Helium/>. В настоящее время эти два вида данных объединены на синоптических картах. Построение карт состоит из нескольких этапов.

1. Определение координат и размеров групп пятен. По изображениям Солнца диаметром 110 мм, получаемым при наблюдении магнитных полей, с помощью координатных сеток определяются  $l$  и  $b$  для центров групп (расстояние от центрального меридиана и широта),  $dl$  и  $db$  (протяженность группы по долготе и широте). Для каждого дня наблюдений определяется долгота центрального меридиана в момент наблюдений  $L_0$ . После этого для каждой группы определяется гелиографическая долгота  $L = L_0 + l$ .

2. Перевод изображений Солнца в линии HeI в гелиографические координаты. При наблюдении Солнца с Универсальным Солнечным Спектрофотометром изображение Солнца сканируется на щели спектрографа. Яркость на выходной щели спектрографа регистрируется компьютером. В рассматриваемом виде наблюдений выходная щель фотометра устанавливалась в центре линии HeI 1083 нм. Программа Card для обработки этих наблюдений включает несколько подпрограмм. С их помощью полученное из наблюдений изображение Солнца исправляется за эллиптичность, возникающую в процессе сканирования изображения Солнца. Затем изображение исправляется за потемнение диска к краю и нормируется к уровню невозмущенного Солнца. Эта нормировка осуществляется путем деления значений яркости всех точек изображения на максимум гистограммы распределения по яркости. Одна из подпрограмм строит изображений солнечного диска в гелиографических координатах.

3. Построение синоптической карты. В пакете программ для обработки изображений имеется программа Carrington, позволяющая нанести любые выбранные изофоты изображения в гелиографических координатах на шаблон координатной сетки. Для изображений в линии HeI, были выбраны изофоты 0.8, характерные для яркости в активных областях и волокнах, и 1.02, характерные для корональных дыр. Область, очерченная изофотой 0.8 закрашивается в серый цвет, а очерченная изофотой 1.02 – в черный. Эта программа была доработана и теперь она позволяет, помимо изофот изображения в линии HeI, наносить на шаблон карты данные о положении и размерах групп пятен. На синоптической карте группа пятен представляется в виде прямоугольника со сто-

ронами, пропорциональными  $d_l$  и  $d_b$ , а ее координаты на карте равны  $L$  и  $b$ . На карту наносятся пятна за все дни наблюдений, относящихся к данному Каррингтоновскому обороту. Это позволяет увидеть изменение размера группы со временем. На шкале долгот нанесены вертикальные штрихи, соответствующие долготам центрального меридиана в моменты наблюдений.

## Литература

Степанян Н.Н., Долгополова Е.В., Елизаров А.И. и др. // Солнечный Универсальный Спектрофотометр. Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 2001. Т. 96. С. 194.

Работа выполнена при поддержке гранта INTAS 2000 – 752.

УДК 523.9:520.244:520.34

## Применение ПЗС-матрицы для спектрогелиографических наблюдений

*В.В. Корохин, С.А. Белецкий, Ю.И. Великодский, Г.П. Марченко*

НИИ астрономии Харьковского национального университета  
mailto: wk@cyteg.com

Поступила в редакцию 25 мая 2002 г.

С 1993 г. в НИИ астрономии ХНУ проводятся регулярные наблюдения на спектрогелиографе с ПЗС-линейкой (Белкина и др., 1996; Курочка и др., 1997). Применение ее вывело наблюдательные работы на новый уровень, но, все же, имело ряд ограничений: наблюдения всего в одной узкой спектральной полосе и, как следствие, потери времени при наблюдении быстропротекающих процессов; трудность точного наведения на необходимую длину волны. Поэтому в 2001 году были проведены пробные наблюдения с применением ПЗС-матрицы. Быстродействующая ПЗС-камера (Корохин и др., 2000) устанавливалась так, что ее объектив выполнял роль камеры спектрографа. Развертка изображения осуществлялась остановкой часового механизма целостата. Результатом сканирования Солнца были серии из 320 цифровых изображений спектров размером 720 (пространственных точек) на 85 (точек в спектре). Далее проводилась обработка серий с применением программного комплекса IRIS (Корохин и др., 2000), синтез изображений Солнца в необходимых спектральных полосах и их анализ.

Для проверки возможностей данной методики в районе бальмеровского континуума и предконтинуума 16.08.2001 г. были проведены наблюдения в диапазоне линии  $H_{10}$   $\lambda = 3797.9 \pm 10 \text{ \AA}$ . На ПЗС матрице фиксировался участок спектра шириной в  $20 \text{ \AA}$ . Из полученной серии было выделено изображение в центре линии  $H_{10}$  и в ее крыльях. Контраст факелов в линии  $H_{10}$  на расстоянии  $15^\circ$  от центра солнечного диска составляет около 3%, а в далеком крыле линии – на расстоянии  $10 \text{ \AA}$  – порядка 1%. Полученная точность определения контрастов позволяет в дальнейшем использовать эту методику для определения хода контраста в предконтинууме, который согласно (Курочка и др., 1997) должен расти к УФ части спектра.

01.04.2001 г. были проведены наблюдения в линии гелия  $10830 \text{ \AA}$ . ПЗС матрицей фиксировался участок спектра шириной в  $9 \text{ \AA}$ . Отрабатывалась методика получения карт Солнца в единицах эквивалентной ширины линии. Получена пробная карта. Методика дает возможность одновременно получать изображения в синем и красном крыле линии, что позволит более надежно определять в корональных дырах места с истекающими потоками вещества.

Работа продемонстрировала перспективность применения ПЗС-матриц для проведения спектрогелиографических наблюдений.

Более детальное изложение работы находится на сайте  
[www.univer.kharkov.ua/astron/dslpp/sun.htm](http://www.univer.kharkov.ua/astron/dslpp/sun.htm).

## Литература

Белкина И.Л. и др. // Кинематика и физика небесных тел. 1996. Т. 12. No 2. С. 65.

Корохин В.В. и др. // Кинематика и физика небесных тел. 2000. Т. 16. № 1. С. 80.  
Курочка Л.Н. и др. // Астрон. журнал. 1997. Т. 74. N 3. С. 460.

УДК 523.98

## Наблюдения хромосферы в линии $H_{\alpha}$ на Крымском коронографе КГ-1 с помощью цифровой камеры SONY-DS75

*А.Н. Шаховская, В.И. Абраменко, В.А. Абраменко, В.И. Лопухин*

Крымская астрофизическая обсерватория, 98409, Украина, Крым, Научный

Поступила в редакцию 20 июня 2002 г.

На Крымском коронографе КГ-1 в качестве светоприемника вместо кинокамеры в 2002 году установлена цифровая камера Sony DSC-75 с ПЗС матрицей 3,3 миллиона пиксель и 14-битным АЦП. Рассматривается новая методика наблюдений и их первичной обработки. Приводятся результаты наблюдений в линии  $H_{\alpha}$ , двухленточной вспышки в группе 9906 NOAA 17 апреля 2002 года, лимбовой вспышки 17 апреля 2002 года, после вспышечных петель лимбовой вспышки 21 апреля 2002 года. Представлены также фильтрограммы активных областей, волокон и протуберанцев. Сделан вывод, что использование цифровой камеры для хромосферных наблюдений в линии  $H_{\alpha}$  на Крымском коронографе КГ-1 позволяет получать изображения, по качеству не уступающие, а по многим параметрам и превосходящие изображения, полученные ранее на киноплёнке. Усовершенствованный телескоп КГ-1 может с успехом использоваться как для патрульных наблюдений и выставления этих данных в Интернет, так и для исследования динамики и структуры быстрых событий на диске и на лимбе Солнца.

УДК 524.338.6

## Моделирование эмиссионного спектра вспыхивающей красной карликовой звезды EV Lac: активные области, вспышки и микровспышки

*И.Ю. Алексеев<sup>1</sup>, Э.А. Барановский<sup>1</sup>, Р.Е. Гершберг<sup>1</sup>, И.В. Ильин<sup>2</sup>, Б.П. Петтерсен<sup>3</sup>,  
Д.Н. Шаховской<sup>1</sup> и М. Яблоньски<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> Крымская Астрофизическая Обсерватория, 98409, Украина, Крым, Научный

<sup>2</sup> Астрономическое отделение Университета Оулу, Финляндия

<sup>3</sup> Институт теоретической астрофизики Университета Осло, Норвегия<sup>†</sup>

<sup>4</sup> НОРДИК оптический телескоп на Канарских островах, Испания

Поступила в редакцию 20 июня 2002 г.

По эшелльным спектрограммам вспыхивающей красной карликовой звезды EV Lac, полученным на НОРДИК (NOT) телескопе, изучена хромосфера звезды во время импульсной вспышки 30.8.94 UT 23:19 и на двух близких временных интервалах, когда UBVRi фотометрия констатировала спокойное состояние звезды. Высокое спектральное разрешение позволило обнаружить вне вспышки широкие крылья Бальмеровских эмиссионных линий. Для интерпретации широких крыльев и других особенностей профилей привлечены микровспышки. Предполагается, что микровспышки разной интенсивности присутствуют в активных областях всегда. Построены полуэмпирические модели активных областей хромосферы, вспышек и микровспышек и проведено сопоставление основных физических характеристик этих структур. Активные области занимают 25%, а микровспышки и вспышки доли процента от всей поверхности звезды. Интенсивности бальмеровских линий микровспышек и вспышек на 1 – 2 порядка больше соответствующих интенсивностей активных областей. Модели вспышек отличаются от микровспышек большей плотностью и более сильным и глубоким прогревом хромосферы. Обсуждается место обнаруженных микровспышек в общей энергетике вспышечных событий на EV Lac и других звездах.

<sup>†</sup> сейчас – Картографический институт сельскохозяйственного университета Норвегии



УДК 523.98

## Наблюдательные проявления резонансов в главном поясе астероидов

*Л.Г. Карачкина, В.В. Прокофьева*

Крымская астрофизическая обсерватория, 98409, Украина, Крым. Научный

Поступила в редакцию 18 июня 2002 г.

В современной науке активно развивается направление междисциплинарных исследований основ мироздания. Новые подходы, основанные на изучении сложных самоорганизующихся систем, могут дать ключ и к решению некоторых вопросов прогноза солнечной активности. Сложная система, состоящая из Солнца, планетной системы, межпланетной среды, подвержена также влиянию Галактики. Изучение всех составляющих в их взаимосвязи может существенно обогатить метод решения проблемы прогноза как солнечной активности, так и условий будущей жизни человечества на Земле.

Одним из ключей к решению данной проблемы может быть изучение резонансов, которые приводят к самоорганизации сложных систем. Малые планеты (астероиды), в силу их малых масс и большого количества (более 30 тыс.), являются индикаторами механизмов, действующих в Солнечной системе. Многочисленные резонансы хорошо изучены по динамике астероидов главного пояса. Нами рассмотрены их наблюдательные проявления.

Представлено разделение главного пояса астероидов на зоны, отделенные резонансами по среднему движению с Юпитером и Марсом. Были найдены три семейства, связанные генетически с двойными астероидами (Л.Г. Карачкина и В.В. Прокофьева. *Околоземная астрономия XXI века. Сборник трудов конференции г. Звенигород 21 – 25 мая 2001 г. С. 245 – 251*). Показано, что все недавно открытые спутниковые системы астероидов главного пояса являются членами семейств. Все такие семейства находятся в непосредственной близости от резонансов по собственному движению с Юпитером. Устойчивая система резонансов свидетельствует о продолжительной эволюции в поясе астероидов, протекающей в тесной связи с Солнцем и большими планетами.



**ЭММА СЕМЕНОВНА БРОДСКАЯ**

(31 марта 1913 – 19 февраля 2002)

19 февраля 2002 г. после продолжительной болезни на 89 году жизни скончалась старейшая сотрудница Крымской Астрофизической Обсерватории Эмма Семеновна Бродская.

После окончания Ленинградского университета в довоенное время Эмма Семеновна была направлена на работу в Абастуманскую обсерваторию. Здесь она под руководством Владимира Борисовича Никонова занималась наблюдением и изучением переменных звезд. После окончания Великой Отечественной войны Эмма Семеновна была приглашена на работу в Крымскую Астрофизическую Обсерваторию, где она продолжила фотоэлектрические наблюдения переменных и пекулярных звезд и в 1950 г. успешно защитила кандидатскую диссертацию на тему “Электрофотометрические исследования некоторых сверхгигантов ранних спектральных типов и звезд Вольф-Райе”. Наблюдения переменных звезд Эмма Семеновна вела почти до конца шестидесятых годов. Она получала кривые блеска и исследовала характер переменности в полосах UVV магнитных звезд,  $\rho$ Cas, симбиотических звезд, белых сверхгигантов, звезд Вольф-Райе, EW Lac и других пекулярных звезд. О высоком качестве ее наблюдений говорит высокая востребованность ее результатов, которую можно проследить по цитируемости ее работ в престижных международных журналах: *Astrophysical Journal*, *Astronomy & Astrophysics*, *Monthly Notices RAS* и других, которая продолжается и в новом тысячелетии.

Параллельно с изучением переменных звезд Эмма Семеновна включилась в план академика Г.А. Шайна по исследованию взаимодействия межзвездной среды и группировок ранних звезд в нашей Галактике. Эта работа ее исполнителями была превращена в исследование структуры Галактики. Исследования опирались на данные по спектрам, звездным величинам и показателям цвета звезд. Наблюдения спектров звезд проводились на двойном 16" астрографе с объективной призмой. Эмма Семеновна была первым наблюдателем на этом телескопе в строящейся тогда обсерватории в п. Научном. Ею была разработана методика спектральных и фотометрических исследований звезд. В результате по программе Г.А. Шайна было получено более 400 пластинок со спектрами звезд в площадках размером  $10^\circ \times 10^\circ$  и более 100 такого же размера пластинок с прямыми изображениями звезд. Существенную часть этих наблюдений выполнила сама Эмма Семеновна. Эти пластинки составляют архив Крымской обсерватории со спектрами и звездными величинами звезд до  $11^m$ – $12^m$  на эпоху 50-х годов. Сотрудники Крымской обсерватории, а впоследствии также и ученые Литвы, Латвии и России, которые работали по этому плану, пользовались консультациями и методически-

ми разработками, выполненными Эммой Семеновной. Сама Эмма Семеновна выполнила большую часть этой работы, исследовав звезды и межзвездную среду в 5-ти площадках Млечного Пути. Ею были получены данные почти для 15 тысяч звезд. Полученный Эммой Семеновной материал позволил определить структуру поглощающей среды, состав звездных скоплений и ассоциаций, уточнить их размеры и получить распределение звезд различных спектральных классов в спиральных ветвях Ориона и Персея до расстояний примерно 5000 пс от Солнца. Исследованные ею площадки расположены вдоль галактического экватора поясом длиной  $20^\circ$ .

Эмма Семеновна впервые в мировой практике надежно определила величину поглощения света в направлении на Крабовидную туманность, что позволило уточнить характер непрерывного спектра туманности в оптике.

В целом, большая работа, выполненная Эммой Семеновной Бродской, рассматривалась как докторская диссертация. Но не была представлена Эммой Семеновной к защите.

Эмма Семеновна Бродская принимала активное участие в жизни коллектива обсерватории. В нелегкие полуголодные послевоенные годы она организовала общественную столовую в Симеизской обсерватории и много лет была ее бессменным бухгалтером. Она постоянно принимала участие в походах сотрудников по Крымским маршрутам. Один из самых замечательных таких походов был однодневный поход из поселка Научный в Симеизскую обсерваторию. Эмма Семеновна была незаурядным человеком, глубокой культуры, хорошо знала поэзию. Она часто читала стихи на прогулках по крымским дорогам. Ее близкими друзьями были выдающиеся ученые: Вера Федоровна Газе, Николай Александрович Козырев, Иосиф Самуилович Шкловский, Соломон Борисович Пикельнер. Эмма Семеновна отличалась высоким оптимизмом и мужеством, в чем ее поддерживал неиссякаемый юмор, проявлявшийся в тяжелых обстоятельствах не только по отношению к разным людям, но и к себе.

После того, как Крымская обсерватория переехала в поселок Научный, Эмма Семеновна долгие годы оставалась хранительницей традиций Симеизской обсерватории, гостеприимной хозяйкой на горе Кошка. Она щедро делилась воспоминаниями о Г.А. Шайне, П.Ф. Шайн, Е.К. Харадзе, В.Ф. Газе, И.С. Шкловском, С.Б. Пикельнере, О.Н. Митропольской и других сотрудниках, работавших в обсерватории на горе Кошка в 40-х – 50-х годах.

Все, кто знал Эмму Семеновну, будут всегда помнить этого интересного человека.

## Требования к оформлению рукописей

Статья должна быть представлена на дискете в редакторе LATEX, в стилевом файле CRAO и на бумаге.

Рисунки должны быть выполнены в виде файлов с расширением eps и psx.

Список литературы должен быть оформлен в алфавитном порядке. Если ссылка дана на зарубежное издание, необходимо указать фамилии авторов (не более двух) на русском языке и далее (в скобках) фамилии авторов на языке издания.

Редакция высыласт автору для проверки отредактированную корректуру, которую необходимо вернуть через два дня.

Требования к оформлению статей находятся на сайте КраО: <http://www.crao.crimea.ua>

*Научное издание*

### **ИЗВЕСТИЯ КРЫМСКОЙ АСТРОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ**

Том 98(2)

*Утверждено к печати Ученым Советом Крымской Астрофизической Обсерватории*

*Издательская группа: Н. Н. Петрова, Н. И. Шаховская, М. Б. Владимирская*

*Художественное оформление обложки Борис Таловеров*

---

Здано у виробництва 02.07.2002. Підписано до друку 12.08.2002. Формат 60x84/8. Папір офсетний. Гарнітура Times. Друк офсетний. Ум. друк. арк. 9,30. Тираж 300 прим. Зам. № 97.

Надруковано у друкарні видавництва «Астропринт» (Світоцтво ДК № 132 від 28.07.2000 р.)  
65026, м. Одеса, вул. Преображенська, 24 Тел.: (0482) 26-98-82, 26-96-82, 37-14-25  
[www.astroprint.odessa.ua](http://www.astroprint.odessa.ua)