

УДК 523.98

## Солнечная активность в период сентябрь – октябрь 2002 г. по наблюдениям на РТ-22 НИИ КраО

*И.А. Будзиновская, Ю.Т. Цап, Л.И. Цветков*

Крымская астрофизическая обсерватория, Украина, п. Кацивели

Поступила в редакцию 4 июня 2003 г.

В сентябре – октябре 2002 г. на РТ-22 НИИ КраО проводились наблюдения Солнца в см-диапазоне. Угловое разрешение на волнах 3.5, 2.3 и 2.0 см соответственно составляло 6.0, 4.1 и 3.6 угл. мин. Регистрировалась полная интенсивность и поляризованная по кругу составляющая радиоизлучения (Баранов и др., 1998(1)). Во время наблюдений использовались несколько программных режимов: сканирование, картографирование и слежение за радиоисточниками. В результате обработки наблюдательного материала построено 78 радиоизображений Солнца на 3-х длинах волн (Баранов и др., 1998(2)). В течение сентября-октября были проведены наблюдения 4-х радиоисточников, связанных с группами пятен.

Наибольшей активностью отличалась активная область NOAA 0105, которая проходила по диску Солнца с 8 по 20 сентября. В ней произошло несколько вспышек рентгеновского класса М. Несмотря на падение интегрального потока микроволнового излучения на всех длинах волн с 9 по 11 сентября, ее вспышечная активность не ослабевала. Из наблюдательных данных, полученных ультрафиолетовом и оптическом диапазонах на спутнике SOHO, а также в наземных телескопах НИИ КраО и ВБСО, следует, что наблюдаемое уменьшение потока микроволнового излучения определялось изменением температуры активных образований в верхней атмосфере Солнца.

Работа выполнена при поддержке грантом ИНТАС 00–543.

### Литература

- Баранов Н.В., Миронов М.А., Никитин П.С., Цветков Л.И. // Кинематика и физика небесных тел. 1998. Т. 14. С. 89.
- Баранов Н.В., Будзиновская И.А., Цветков Л.И. // Кинематика и физика небесных тел. 1998. Т. 14. С. 531.

УДК 523.94

## Гелиосейсмология активных областей: результаты наблюдений на РТ-22 НИИ КраО

*Л.И. Цветков*

Крымская астрофизическая обсерватория, Украина, п. Кацивели

Поступила в редакцию 4 июня 2003 г.

Поиски следов Р-мод осцилляций Солнца в модуляции сантиметрового излучения активных областей регулярно проводятся на РТ-22, начиная с 1980 г. За это время были получены следующие основные результаты.

Исследованы минутные колебания поляризованного по кругу радиоизлучения активной области в августе 1980 г. на волне 2.25 см. Показано, что колебательные процессы, как в полной интенсивности, так и в поляризованном излучении развиваются и затухают в течение 0.5 – 1 сут. Появление вторичной модуляции колебаний с периодами 2 – 6 мин. объясняется прохождением пакета МГД-волн через корональную конденсацию (Абраменко, Цветков, 1985).

По наблюдениям 8 активных областей на волне 2.25 см в полной интенсивности и поляризованной компоненте, выполненных 1980 – 1981 гг., проанализированы многомодовые колебания в интервале периодов 140 – 650 с. Дискретность доминирующих пиков в спектрах мощности колебаний радиоизлучения оказалось кратной известному расщеплению 68 мкГц глобальных 5-мин осцилляций Солнца (Цветков, 1989).

В 1987 – 1988 гг. на РТ-22 проведены два цикла наблюдений флуктуаций радиояркости Солнца на волне 3.3 мм. В работе (Кисляков и др., 1990) приведены доказательства существования пульсаций радиояркости с частотой повторения около 5 Гц в излучении локальных источников, связанных со слабыми группами пятен. Получены сведения о наличии колебаний с периодами 244 с и 303 с в областях повышенного излучения над флоккулами.

Результаты совместных КраО-ИПФАН наблюдений на волне 3.3 мм показали, что большинство 3-х и 5-ти мин колебаний мм-излучения по частоте совпадают с осцилляциями хромосферы и переходного слоя, полученными из независимых измерений. Отличие триплета колебаний в ММ-излучении (189, 166, 156 с) от модельных расчетов Ю.Д. Жугжды (183, 161, 145 с) может служить основанием для корректировки этой модели (Кисляков, 1996).

Изучение МГД-колебаний в активных областях по радионаблюдениям продолжается в рамках гранта ИНТАС № 00–543. На основе наблюдательных данных, полученных в сентябре 2001 года с помощью РТ-22 КраО на частотах каналах 8.6 и 15.4 ГГц, исследовались временные квазипериодические вариации микроволнового излучения с  $T < 10$  мин в активных областях атмосферы Солнца. Благодаря использованию методов вейвлет-анализа обнаружены колебания излучения с характерными периодами  $T = 10 - 40$  с, а также следы МГД-колебаний с периодами 100 – 400 с (Гельфрейх и др., 2002).

Частично обработаны данные наблюдений сентябрь – октябрь 2002 г. Изучены эффекты запаздывания колебаний интенсивности активной области NOAA 0119 по наблюдениям 23.09.2002 г. на различных длинах волн.

## Литература

- Абраменко В.И., Цветков Л.И. // Изв. Крым. Астрофиз. Обсерв. 1985. Т. 73. С. 53.
- Гельфрейх Г.Б., Гольдварг Т.Б., Копылова Ю.Г., Наговицын Ю.А., Цап Ю.Т., Цветков Л.И., Юровский Ю.Ф. // Материалы международной конференции “Солнечная активность и космические лучи после смены знака полярного магнитного поля Солнца”. СПб ГАО РАН. 2002. С. 26.
- Кисляков А.Г., Носов В.И., Цветков Л.И. // Кинематика и физика неб. тел. 1990. Т. 4. С. 36.
- Кисляков А.Г., Носов В.И., Цветков Л.И. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1996. Т. 93 С. 47.
- Цветков Л.И. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1989. Т. 81. С. 14.

УДК 550.338.9:523.91+550.338.9:551.5

## Поиск связей между солнечной активностью и метеорологическими экстремумами

*Т.Е. Вальчук<sup>1</sup>, Н.К. Кононова и М.М. Чернавская<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн РАН, Московская обл., Россия

<sup>2</sup> Институт Географии РАН, Старомонетный пер., 29, Москва, Россия

Поступила в редакцию 16 августа 2002 г.

Временные интервалы метеорологических экстремальных ситуаций рассмотрены в сопоставлении с гелиофизическими проявлениями (по данным КА SOHO, Yohkoh и наземным наблюдениям) и геомагнитной возмущенностью за годы с 1991 по 2002. Выделены преимущественные типы элементарных циркуляционных механизмов (ЭЦМ), при которых имели место метеорологические экстремумы. Обсуждаются возможные причины реализации метеорологических экстремумов в тропосфере Северного полушария Земли.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, гранты N 01-02-16357, 01-02-16307, 01-05-64374.

УДК 523.988

**Возможность моделирования величин потоков и их  
долговременных вариаций в линиях ионизованного кальция  
звезд солнечного типа**

*Е.А. Бруевич, П.В. Бруевич*

Гос. астрономический институт им. П.К. Штернберга, Москва, Россия

Поступила в редакцию 20 мая 2003 г.

На примере нескольких звезд солнечного типа с выраженной определенностью существования циклов, подобных 11-летнему солнечному, проводится моделирование потоков в линиях Н и К ионизованного кальция. Параметры этих квазипериодических вариаций потоков излучения от звезд получены с использованием методов прогнозирования циклических вариаций потоков излучения от Солнца. Моделирование, проведенное с учетом физических процессов, протекающих в хромосферах звезд, поддается наглядной физической интерпретации. Возможна оценка погрешностей моделирования при “обратном” восстановлении величин потоков.

УДК 523.9

## Долгопериодические вариации параметров фраунгоферовых линий в спектре Солнца

*М.М. Ковальчук, М.Б. Гирняк*

Астрономическая обсерватория Львовского национального университета имени Ивана Франко  
9005 Львов, ул. Кирилла и Мефодия, 8  
e-mail: sun@astro.franko.lviv.ua

Поступила в редакцию 20 мая 2003 г.

В настоящее время мало изученным и спорным остается вопрос о существовании закономерностей в долгопериодических изменениях параметров фраунгоферовых линий солнечного спектра.

В нашей работе проведено исследование зависимости вариаций параметров фотосферных линий от фазы цикла солнечной активности. Наиболее пригодными для решения такой задачи оказались однородные высокоточные наблюдения профилей фраунгоферовых линий, полученные в ГАО АН СССР (Пулково) во время 20-го и 21-го циклов солнечной активности. Мы исследовали изменения во времени эквивалентных ширин  $W$ , полуширин  $h$ , центральных остаточных интенсивностей  $r_0$  и показателя асимметрии  $\Delta$ , описываемого классическим бисектором. Избранные линии характеризуют различные слои солнечной температуры, чувствительны к флуктуациям температуры, давления, к движениям газовых масс.

Анализ статистического материала всего ряда наблюдений показал:

1. Параметры сильных линий нейтральных атомов с низкими потенциалами возбуждения  $\chi_{rs}$  достигают больших амплитуд временных вариаций, тогда как слабые линии с высокими  $\chi_{rs}$  и линии ионов показывают малые изменения.
2. Эквивалентные ширины  $W$  сильных линий с низкими  $\chi_{rs}$  достаточно плавно достигают максимальных значений приблизительно за год до минимума солнечной активности (1975 г.). Для слабых линий с высокими  $\chi_{rs}$  наблюдается запаздывание при достижении максимальных значений  $W$  (1976 – 1977 гг.). После минимума солнечной активности на ветке роста происходит резкое уменьшение значений  $W$  для всех фраунгоферовых линий. Минимальные значения  $W$  линии приобретают при приближении к новому максимуму следующего цикла.
3. Аналогично изменяются с солнечным циклом (но в антифазе с  $W$ ) центральные остаточные интенсивности  $r_0$ .
4. Вариации показателя асимметрии  $\Delta$  фраунгоферовых линий повторяют временные изменения  $W$ . Наибольшей фиолетовой асимметрией обладают сильные линии. Максимального значения фиолетовая асимметрия этих линий достигает перед минимумом солнечной активности. Слабые же линии не выявляют такого четкого временного профиля показателя асимметрии. Более того, эти слабые линии, дают сдвиг по фазе (на 1 – 2 года) в сторону запаздывания при достижении максимальных (хотя сравнительно небольших) значений асимметрии, и даже их фиолетовая асимметрия вблизи минимума солнечного цикла преимущественно подвержена реверсу – переходит в красную асимметрию.

Такие временные вариации параметров фраунгоферовых линий мы склонны объяснять как обла-

стью и условиями формирования линий в солнечной фотосфере, так и циклическим изменением классической структуры грануляции. Исследования в этом направлении продолжаются.

УДК 537.591

## Исследование связи фона космического излучения с метеорологическими явлениями

*Е.Н. Ковалев, Ю.С. Игнатов*

Экспериментальное отделение Морского гидрофизического института НАН Украины, 98409, Украина, Крым, Кацивели

Поступила в редакцию 14 мая 2003 г.

С целью выявления связи между вариациями высокоэнергетического фона космического излучения у земной поверхности и годовым ходом гидроэлементов в Экспериментальном отделении Морского гидрофизического института НАН Украины с 1966 года проводятся измерения интенсивности космического излучения с энергией частиц более 3 МэВ и одновременная регистрация атмосферных осадков и других гидрометеорологических параметров. Данные наблюдений позволили выявить корреляционные зависимости между природными явлениями и сделать вывод о наличии причинно-следственной связи между ними. Выявлено, что годовой ход атмосферных осадков повторяет волнообразный характер с тремя максимумами фона космического излучения и происходит с некоторым запаздыванием по фазе.



УДК 523.98.523.62-726

## Проявления высокоскоростных потоков от экваториальных корональных дыр по измерениям в околоземном космосе — фрактальные характеристики

*Т.Е. Вальчук*

Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн РАН, Московская обл., Россия

Поступила в редакцию 16 августа 2002 г.

Диагностика высокоскоростных потоков солнечного ветра (ВСП СВ) в околоземном космосе по данным КА Wind в сопоставлении с гелиофизическими характеристиками крупномасштабных комплексов солнечной активности (ККСА) на Солнце (по наземным наблюдениям, данным КА SOHO, Yohkoh) позволяет исследовать мультифрактальность (Могилевский, 2001) компонент высокоскоростных потоков солнечного ветра и межпланетного магнитного поля для потоков СВ (Могилевский, Вальчук, 2001), порождаемых экваториальными и трансэкваториальными корональными дырами (КД). Рекуррентные прохождения ВСП СВ предоставляют возможность анализировать трансформации ККСА, включающих экваториальные КД, по вариациям ВСП СВ. Предложена солитонная интерпретация (Вальчук, Могилевский, Одинцов, 2002) особенностей хода параметров СВ на передней (область набегания) и задней (область иссякания ВСП) границах высокоскоростных потоков из корональных дыр экваториальной локализации.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, гранты N 01-02-16307, 01-02-16357, 03-02-16049.

### Литература

- Могилевский Э.И. // Фракталы на Солнце. М.: “Наука”, Физматлит. 2001. С. 152.  
Могилевский Э.И., Вальчук Т.Е. // Сопряженность двух корональных дыр в локальном комплексе солнечной активности и высокоскоростной солнечный ветер. Геомагнетизм и аэрономия. 2001. Т. 41. С. 300.  
Могилевский Э.И., Вальчук Т.Е., Одинцов В.И. // Рекуррентная экваториальная корональная дыра на Солнце и ее проявления в солнечном ветре и магнитосфере Земли. Геомагнетизм и аэрономия. 2002. (в печати).

УДК 523.9

## Краткая история пульсаций Солнца: 1974 – 2002 гг.

*В.А. Котов, Т.Т. Цап, В.И. Ханейчук, Н.П. Русак*

Крымская Астрофизическая Обсерватория, 98409, Украина, Крым, Научный  
e-mail: vkotov@crao.crimea.ua

Поступила в редакцию 19 июня 2003 г.

Наблюдения колебаний Солнца в Крымской астрофизической обсерватории проводятся систематически 29 лет. Измерения основаны на дифференциальном методе с применением магнитографа Бэбкока. По линии поглощения Fe I 512.37 нм, имеющей нулевой фактор Ланде, регистрируется разность эффекта Доплера центральной круговой зоны солнечного диска относительно внешней, кольцевой зоны. Измерения выполнены в течение 1751 дней (в сумме 10810 ч). В 1974 – 2002 гг. главный период пульсации был равен  $P_1 = 159.9657 \pm 0.0005$  мин (согласуется со стэнфордским периодом  $159.9663 \pm 0.0007$  мин по наблюдениям 1977 – 1994 гг.). В 2000 – 2002 гг., как и в 1974 – 1975 гг., колебание, в среднем, наблюдалось со значительно смещённой начальной фазой, что может быть обусловлено длинным, более 45 лет, циклом активности Солнца. Приводятся доказательства солнечного происхождения периодичности  $P_1$ , обсуждаются её физическая природа и возможный источник возбуждения.

Вряд ли колебание принадлежит спектру гравитационных  $g$ -мод, для которых установлены низкие пределы амплитуд и спектр которых должен быть богатым. Никаких  $g$ -мод, предписываемых Солнцу теорией, пока не обнаружено. Гипотеза же о сверхбыстром вращении центрального ядра, – например, с периодом, близким к  $P_1$ , – противоречит стандартной модели. Однако в справедливости самой стандартной модели заставляют сомневаться такие факты, как: (а) дефицит солнечных нейтрино, (б) отсутствие  $g$ -мод, (в) неясности в природе и механизме 11-летнего цикла, (г) существование точных “часов” внутри Солнца с периодом примерно 11.13 г. и (д) явление “активных долгот”. Дальнейшее исследование  $P_1$ -пульсации и её связи с солнечной активностью может, по-видимому, пролить новый свет на внутреннее строение Солнца и стать ключевым в понимании динамики его центрального ядра и, возможно, природы цикла.

УДК 523.9

## Об аномальном распределении среднего магнитного поля Солнца

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> Объединённый институт высоких температур РАН, Москва 127412

Поступила в редакцию 19 июня 2003 г.

В 1968 – 2002 гг. среднее магнитное поле (СМП) Солнца регулярно измерялось в КрАО, Обсерватории Маунт Уилсон (ОМУ), Солнечной обсерватории им. Дж. Уилкокса (СОУ) и Саянской солнечной обсерватории (ССО). За 35 лет сделано около 13 тыс. суточных измерений. Анализ показал, что одновременные (за одни и те же сутки) измерения разных инструментов существенно расходятся между собой, причём различия превосходят часто все разумные ошибки. Коэффициенты линейной регрессии изменяются от сезона к сезону более чем вдвое, что не может быть приписано ни чисто инструментальным, ни чисто солнечным причинам.

Каждый магнитограф представляет собой электро-оптическое устройство, регистрирующее малую,  $\sim 10^{-5} - 10^{-4}$ , круговую поляризацию света в крыльях спектральной линии, подверженной эффекту Зеемана. При этом (а) не могут возникать какие-либо инструментальные нелинейные эффекты, и (б) суточные значения СМП должны быть нормально распределены с нулевым средним.

Фактические распределения, действительно, имеют нормальный вид для КрАО и ССО. Распределения же американских обсерваторий, ОМУ и СОУ, значительно отличаются от нормальных. Истинная причина аномальности неизвестна. Сделан вывод, что расхождение измерений СМП и пекулярность распределений ОМУ/СОУ обусловлены не столько структурой поля фотосферы и ошибками инструментов, сколько квантовой природой света. Предполагается, что главная причина связана (а) с применением имидж-слайсеров (в ОМУ и СОУ), и/или (б) с эффектами “сцепления” (entanglement) и “слияния” (coalescence) фотонов, и/или она возникает (в) вследствие статистической природы света (как следствие принципа неопределённости Гейзенберга: “инструмент неизбежно влияет на результат измерения”); возможна комбинация причин.

Сцепление и слияние поляризованных фотонов-близнецов приводят к искажениям измерений круговой поляризации и, следовательно, напряжённости поля. Наилучшее приближение к правильному значению СМП дает, по-видимому, простое усреднение измерений, выполненных на разных инструментах, а также в различных спектральных линиях (и с разными факторами Ланде). Эффект сцепления/слияния должен учитываться при интерпретации наблюдений других магнитных звезд, а также пекулярных астрофизических объектов. Он требует теоретического осмысления и дальнейшего экспериментального изучения.

УДК 524.7

## О пульсации Солнца и когерентной космической осцилляции

*В. А. Котов*

Крымская Астрофизическая Обсерватория, 98409, Украина, Крым, Научный  
e-mail:vkotov@crao.crimea.ua

Поступила в редакцию 19 июня 2003 г.

Согласно доплеровским измерениям Котова и др. (1988), Шеррера и Уилкокса (1983), в 1974 – 1982 гг. фотосфера Солнца пульсировала с частотой  $\nu_0 \approx 104.16$  мкГц. Гелиосейсмология и теория внутреннего строения Солнца пока ничего не могут сказать о природе этой пульсации.

Позднее обнаружили поразительные факты, указывающие на общую астрофизическую сущность “универсального” колебания  $\nu_0$ : (а) длина волны  $L = c/\nu_0$  – наилучшая соизмеримая для размеров Солнечной системы (Котов, Кучми, 1985), (б) частота  $\nu_0$  совпадает с наилучшей общей кратной, резонансной, частотой пульсаций звёзд типа  $\delta$  Щита ( $104.2 \pm 0.7$  мкГц; Котов, Котов, 1997), (в) в Галактике имеет место значительный избыток тесных двойных систем, вращающихся с частотами, кратными  $\pi \times \nu_0/2 \approx 164$  мкГц (Котов, Котов, 2000), (г) блеск некоторых АЯГ варьирует с частотой  $\nu_0$ , что интерпретируется как следствие периодических осцилляций “пространственно-временной метрики” Вселенной (Котов, Лютый, 1993). А недавно Саншэ и др. (2003) на основе анализа фундаментальных физических констант показали, что метрика Вселенной действительно осциллирует с “когерентной космической частотой”  $\nu_0$ . Обсуждается природа явления, делаются предварительные выводы для физики, астрофизики и космологии.

### Литература

- Котов и Котов (Kotov S.V., Kotov V.A.) // Astron. Nachr. 1997. V. 318. P. 121.  
Котов и Котов (Kotov S.V., Kotov V.A.) // In: JENAM-2000. Book of abstracts. Moscow: GEOS. 2000. P. 80.  
Котов В.А. и Кучми С. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1985. Т. 72. С. 199.  
Котов В.А. и Лютый В.М. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1993. Т. 87. С. 144.  
Котов В.А., Северный А.Б., Цап Т.Т. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1998. Т. 79. С. 3.  
Саншэ и др. (Sanchez F., Kotov V., Dubuisson J.-S., Arylov S.V.) // Compt. Rend. Acad. Sci. Paris. 2003 (submitted).  
Шеррер и Уилкоккс (Scherrer P.H., Wilcox J.M.) // Solar Phys. 1983. V. 82. P. 37.

УДК 523.9

## Магнитное Солнце 1968–2002 гг.: резонанс с движением Меркурия, Венеры, Земли?

*В.А. Котов<sup>1</sup>, И.В. Сетяева<sup>2</sup>, М.Л. Демидов<sup>3</sup>, С.В. Котов<sup>4</sup>*

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

<sup>2</sup> Московский государственный университет, географический факультет, Москва 119899

<sup>3</sup> Институт солнечно-земной физики РАН, Иркутск 664033  
e-mail: demid@iszf.irk.ru

<sup>4</sup> Объединённый институт высоких температур РАН, Москва 127412

Поступила в редакцию 19 июня 2003 г.

За последние 35 лет в четырёх обсерваториях сделано более 13 тыс. суточных измерений общего магнитного поля (ОМП) Солнца. Данные дают возможность исследовать переменность магнитного Солнца как звезды, связав часть этой переменности с динамикой Солнечной системы.

Главный сидерический период вращения ОМП,  $25.069 \pm 0.014$  сут, находится в резонансе 7:2 с орбитальным движением Меркурия (5:2 в системе Меркурия) и в резонансе 5:3 с его осевым вращением. ОМП показывает также периодичность  $P_3 = 1.037 \pm 0.008$  г, которую нельзя объяснить ни инструментальными причинами, ни годовым изменением условий видимости полярных областей Солнца. В то же время близость к орбитальному периоду Земли не может быть случайной. Обосновывается идея, что периодичность отражает “магнитный” резонанс Солнце–Земля неизвестной природы (гравитационное и кулоновское взаимодействия крайне малы). Подчёркивается поразительное, и опять вряд ли случайное, совпадение  $P_3$  с синодическим периодом Сатурна (1.035 г.) и средним синодическим периодом ( $1.036 \pm 0.034$  г.) планет-гигантов Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна. Аналогичный резонанс наблюдается и для синодического обращения Венеры: ее период, 1.60 г, в пределах ошибки согласуется с одним из доминирующих периодов изменения ОМП,  $1.59 \pm 0.02$  г, в низкочастотной части спектра. ОМП изменяется также с периодом примерно 24 г, обусловленным магнитным циклом Солнца.

Обнаруженные резонансы – трудная проблема для моделей, объясняющих генерацию магнитного поля Солнца, его эволюцию, секторную структуру и 22-летний цикл. Возможно, что резонансы имеют реликтовое происхождение, возникнув в далёком прошлом, на ранней стадии формирования Солнечной системы.

УДК 520.86

## Магнитосопряженные ионосферные эффекты солнечных затмений 21.06.2001 и 04.12.2002 г.

*С.И. Мусатенко, Е.В. Курочка, В.Я. Чолый*

Астрономическая обсерватория Киевского Университета, Киев

Поступила в редакцию 20 мая 2003 г.

Флуктуации радиошума частично ионизированной ионосферной плазмы в метровом диапазоне имеют спектральную плотность  $S \propto f^{-a}$ , где  $f$  – частота,  $a$  – показатель спектра. Обычно такие флуктуации регистрируются радиоастрономическими методами. Для спокойных условий ( $\sum K_p < 20$ ,  $F_{10.7} < 150$ ) показатель спектра флуктуаций в области частот  $0.004 \leq f \leq 50$  Гц составляет 0.3 – 0.4, а во время возмущений он возрастает до 1.0 – 1.5 (Мусатенко и др., 2001).

Солнечное затмение приводит к изменению потока ионизирующего излучения и к усилению действия корпускулярного источника ионизации ионосферы в дневное время. Из теории ионосферно-магнитосферного взаимодействия (Ляцкий, Мальцев, 1974) следует, что действие корпускулярного источника ионизации должно происходить не только в зоне солнечного затмения, но и в магнитосопряженной зоне в противоположном магнитном полушарии (по крайней мере в области замкнутых магнитных линий).

Отличие состоит только в том, что в зоне затмения действие корпускулярного источника происходит при ослабленном потоке солнечного ионизирующего излучения, а в магнитосопряженной области действуют два источника: корпускулярный и солнечный.

Для подтверждения этих выводов были проведены измерения радиошумов ионосферы во время двух солнечных затмений в южном полушарии: 21 июня 2001 г. (Мусатенко и др., 2002) и 04 декабря 2002 г. (Мусатенко и др., 2003).

Особенностью затмения 2001 г. было то, что на точку наблюдения в северном полушарии по силовым линиям спроектировался также момент слияния лунной тени с вечерним терминатором. В затмении 2002 г. наоборот, прохождение затмением магнитосопряженной точки в южном полушарии совпало с прохождением утреннего терминатора в северном полушарии.

Типы событий в радиошумах магнитосопряженной ионосферы для этих двух затмений похожи.

1. Микровсплески радиошума с  $t \approx 10 - 40$  мс, амплитудой  $10^{-22}$  Вт/(м<sup>2</sup>\*Гц). Этот тип событий соответствует импульсным высыпаниям частиц из магнитосферы в ионосферу.
2. Флуктуации радиошума с характерными периодами  $\approx 10$  с, которые соответствуют времени пробега альфвеновской волны между сопряженными точками. Флуктуации скорее всего связаны с диффузными высыпаниями частиц в ионосферу.

Во время прохождения затмения показатель спектра флуктуаций радиошума  $a$  достигал 1.3 – 1.5 в затмении 21.06.2001 ( $F_{10.7} \approx 200$ ) и не превышал 1 в затмении 04.12.2002 г. ( $F_{10.7} \approx 150$ ) при одинаковом значении суммарного  $K_p$ ,  $\sum K_p \approx 21$ .

## **Литература**

- Мусатенко С.И. и др. // Геомагнетизм и аэрономия. 2001. Т. 41. 6. С. 812.  
Ляцкий В.Б., Мальцев Ю.П. // Ионосферно-магнитосферное взаимодействие. 1974.  
Мусатенко С.И. и др. // Геомагнетизм и аэрономия. 2002. Т. 42. 5. С. 443.  
Мусатенко С.И. и др. // Геомагнетизм и аэрономия. 2002. Т. 42. 6. С. 817.  
Мусатенко С.И. и др. // Геомагнетизм и аэрономия. 2003. (в печати).

УДК 523.9

## Реальная солнечная грануляция во фраунгоферовых линиях

*М.И. Стодилка*

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

Поступила в редакцию 13 мая 2003 г.

Определяющую роль в образовании неоднородностей атмосферы Солнца и холодных звезд играет конвекция, она формирует структуру их фотосфер. Грануляция, как один из масштабов конвекции, определяет радиационно-динамическое состояние, а значит и условия образования линий поглощения. Цель нашей работы – исследовать реальную солнечную грануляцию. Мы воспроизвели физические условия в довольно широкой полосе шириной 65000 км по поверхности Солнца, что дало возможность изучить такие особенности реальной грануляции как сверхадиабатический слой и область проникающей конвекции; а также поле скоростей.

В нашей работе были использованы результаты наблюдений в линии  $\lambda 532.418$  нм FeI, полученные Н.Г. Шукиной на 70-см германском вакуумном башенном телескопе VTT.

Исследование грануляции выполнено в рамках реальной (немоделированной) солнечной конвекции по профилям с высокой пространственной разрешающей способностью. Воспроизведение параметров неоднородной атмосферы (температура, поле скоростей) мы проводили путем решения инверсной не-ЛТР задачи переноса излучения с использованием модифицированных функций отклика и тихоновских стабилизаторов. Для нахождения газового давления использовали уравнение гидростатики с условием горизонтального баланса полного давления на нижней границе. В нашем подходе стратификация газового давления пересчитывается при любом изменении температуры или поля скоростей.

В нижних слоях фотосферы имеет место классическая картина грануляции: гранулы более горячие, чем межгранулы; но при  $h \approx 100$  км (начало области проникающей конвекции) вещество центральных частей конвективных ячеек становится более холодным, чем в межгранульных промежутках, хотя продолжает двигаться вверх; то же самое касается межгранул. Началу области проникающей конвекции соответствует минимум флуктуаций температуры. В верхней фотосфере зарождаются колебательные движения, а также существуют сильные горизонтальные потоки, скорости которых могут в несколько раз превышать вертикальные скорости. В фотосфере Солнца существуют два узких слоя, в которых осуществляется инверсия температуры: первый слой – начало области проникающей конвекции, второй находится на высоте  $\approx 250$  км.

Наш метод позволяет заглянуть в нижние слои фотосферы – в сильно турбулизованную зону. На нескольких последних сотнях километров солнечной поверхности конвективный поток начинает уменьшаться; это приводит к росту градиента температуры (сверхадиабатический слой). По наблюдениям в выбранной линии мы смогли воспроизвести только верхнюю часть сверхадиабатического слоя фотосферы Солнца. Согласно полученным данным, максимальное значение сверхадиабатичности  $(\nabla - \nabla_{ad})_{max} \geq 0.6$ , а сам максимум находится несколько ниже – вблизи  $h \approx -50$  км. Для сверхадиабатического слоя характерны наибольшие флуктуации температуры.



УДК 523.9

## Глобальные колебания Солнца (эксперимент ДИФОС: решение инверсной задачи

*М.И. Стодилка*

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

Поступила в редакцию 13 мая 2003 г.

В нашей работе проведено исследование глобальных колебаний Солнца путем решения инверсной задачи переноса непрерывного излучения в разных спектральных диапазонах с использованием тихоновских стабилизаторов, что существенно повышает достоверность полученных результатов. Исходя из высокоточных данных с космических аппаратов об интенсивности излучения Солнца как звезды, мы воспроизвели небольшие изменения физических условий в фотосфере Солнца, которые порождают наблюдаемые флуктуации интенсивности. Такой подход дает распределение флуктуаций по высоте и во времени, что позволяет раскрыть природу и особенности глобальных колебаний.

Для оценки близости теоретических и наблюдаемых потоков введем целевую функцию:

$$\chi^2 = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M (\Delta f_i^{obs} - \Delta f_i)^2 / \sigma_i^2 + \alpha S(\Delta \mathbf{x}),$$

где:  $M$  – число спектральных диапазонов,  $\sigma_i$  – некоторые весовые множители,  $\Delta f_i^{obs}$  – наблюдаемые относительные флуктуации потока излучения,  $S$  – стабилизатор,  $\alpha$  – регуляризирующий множитель. Вариации параметров будем искать из соотношения, полученного путем линеаризации целевой функции:

$$\delta \mathbf{x} = - \frac{\nabla \chi^2 + 2\alpha \Delta \mathbf{x}_0}{\mathbf{D} + 2\alpha \mathbf{H}},$$

где:  $\mathbf{H}$  – конечно-разностное представление стабилизатора,  $\Delta \mathbf{x}_0$  – начальное возмущение,  $\mathbf{D}$  – матрица Гессэ; она определяется производными второго порядка от  $\chi^2$ .

В настоящем исследовании выполнена обработка данных со спектрофотометра ДИФОС, размещенного на космическом аппарате КОРОНАС-Ф. Возмущения атмосферы воспроизведены в рамках модели атмосферы спокойного Солнца (VALC). Для исследования 5-мин. колебаний мы выполнили обработку временных рядов данных фильтром Ланшоца с обостренной характеристикой (фильтр – нерекурсивный и симметричный; фазовых сдвигов не вносит), вырезав таким образом низкие и высокие частоты за исключением области пятиминутных колебаний. Полученные теоретические колебания излучения совпадают с наблюдаемыми, что говорит о возможности воспроизводить флуктуации среды, в которой зарождается наблюдаемое излучение, правда, при условии, что мы правильно учитываем свойства этой среды и механизмы образования излучения.

Воспроизведенные флуктуации температуры, которым соответствуют разные моменты времени, образуют глобальную стоячую волну в фотосфере Солнца (в нашем математическом аппарате

колебания не внесены). Амплитуда колебаний возрастает в нижней и верхней (из-за уменьшения плотности) фотосфере; увеличение амплитуды колебаний вызвано также уменьшением чувствительности функций отклика в нижних и верхних слоях. В фотосферных слоях расположены два узла ( $h \approx 0$  км,  $h \approx 170$  км) и одна пучность при  $h \approx 90$  км. Поскольку расстояние между узлами не соизмеримо с  $v_{sound} * T/2$  (а в действительности значительно меньше), то глобальные пятиминутные колебания не могут быть чисто радиальными ( $l = 0$ ), а возникают за счет наложения волн, которые распространяются под небольшим углом к поверхности в противоположные стороны и отражаются от верхней и нижней границы звукового резонатора. Расчет флуктуаций в неадиабатическом и адиабатическом приближении дает похожие результаты, правда, в последнем увеличивается амплитуда колебаний температуры.

Таким образом, пятиминутные осцилляции потока излучения Солнца обусловлены стоячими волнами, захваченными звуковым резонатором.

УДК 523.9

## Пространственные вариации по диску Солнца отношений напряженности в различных комбинациях спектральных линий и проблемы диагностики магнитных полей

*М.Л. Демидов, Р.М. Верецкий, В.С. Пещеров*

Институт солнечно-земной физики РАН, Иркутск 664033  
e-mail:demid@iszf.irk.ru

Поступила в редакцию 13 мая 2003 г.

Достоверная интерпретация наблюдений солнечных магнитных полей является весьма сложной физической и математической задачей, поскольку необходимо учитывать большое число различных факторов, зачастую недостаточно точно известных. Проблема значительно возрастает при удалении точки наблюдений от центра диска Солнца к краю, ввиду усложнения геометрии взаимодействия поляризованного излучения с магнитными элементами по мере увеличения угла между лучом зрения и нормалью к поверхности. Однако, измерения магнитных полей по всему диску, включая окололимбовые зоны, были и остаются весьма актуальными. Одним из актуальных аспектов проблемы интерпретации поляриметрических наблюдений является вопрос о величине и гелиоцентрической зависимости корректирующего коэффициента при наблюдениях магнитных полей в линии FeI  $\lambda$  525.021 нм. Эта линия вплоть до настоящего времени широко используется в солнечных измерениях, однако особенности её параметров побудили не имеющую пока решения дискуссию о степени надёжности получаемых с этой линией данных. В настоящей работе этот вопрос исследуется с привлечением новых спектрополяриметрических наблюдений в различных комбинациях спектральных линий (главным образом в четырех линиях в окрестности линии FeI  $\lambda$  525.021 нм), выполненных с угловым разрешением около  $100''$  и покрывающим полный диск Солнца. Основной акцент сделан на результатах сопоставления измерений в линиях FeI  $\lambda$  525.021 нм и FeI  $\lambda$  524.705 нм. Найдена зависимость отношения напряженностей в этих линиях  $R = B(525.021)/B(524.705)$  от расстояния от центра диска и отмечено, что всегда  $R < 1$ . Особо рассмотрены результаты измерений в приполярных зонах. Обсуждается соответствие полученных результатов прежним экспериментальным и теоретическим исследованиям. Выполненные модельные расчеты с различными параметрами магнитных элементов и плазмы между ними показали, что для областей вблизи центра диска имеет место достаточно хорошее соответствие теории и эксперимента, однако, это соответствие пропадает при приближении к лимбу. Отмечается, что полученный результат вряд ли обусловлен использованным пространственным разрешением или принятыми при расчетах допущениями. Приведены карты распределения по диску Солнца отношений напряженности в других комбинациях спектральных линий и показано, что иногда они имеют более сложный, чем просто зависимость от гелиоцентрического расстояния, характер. Обсуждаются различные возможности интерпретации полученных результатов.

Результаты получены при частичной финансовой поддержке гранта INTAS 00–00840 и гранта РФФИ 02–02–16467.

УДК 523.985.355.3

## Полуэмпирические модели фотосферы вспышечно-активной области Солнца

*Н.Н. Кондрашова<sup>1</sup>, М.Н. Пасечник<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Главная астрономическая обсерватория НАНУ, Киев, Украина

<sup>2</sup> Астрономическая обсерватория КНУ, Киев, Украина

Поступила в редакцию 24 апреля 2003 г.

Построены неоднородные полуэмпирические фотосферные модели активной области (АО) для мест, прилегающих к слабой компактной вспышке 24 мая 1979 года. Моделирование выполнено для трех моментов наблюдения вспышки в главной фазе. Модели состоят из трех компонентов – гранулы, межгранульного промежутка и магнитной силовой трубки. Термодинамические параметры фотосферы АО определялись путем согласования вычисленных и наблюдаемых профилей четырех фраунгоферовых линий *FeI*  $\lambda\lambda$  630.15, 630.25, 630.35 и *TiI*  $\lambda$  630.38 нм. Высоты образования линий охватывают слои фотосферы 140 – 480 км. Теоретические профили вычислялись по программе Э.А. Барановского. Полученные модели показывают, что физическое состояние вещества фотосферы АО изменялось в течение главной фазы развития вспышки, причем изменения температуры, плотности и скорости происходили неравномерно как по высоте, так и по площади. Выделились слои с повышенной и пониженной, относительно их значений в модели невозмущенной фотосферы, температурой и плотностью.

For preprints contact: [margo@observ.univ.kiev.ua](mailto:margo@observ.univ.kiev.ua)

Category: flares

УДК 523.74

## Основные характеристики и особенности текущего XXIII цикла солнечной активности

*В.Н. Ишков*

ИЗМИРАН, Троицк, Московская область  
E-mail: ishkov@izmiran.rssi.ru

Поступила в редакцию 16 августа 2002 г.

Семь лет развития текущего цикла солнечной активности позволяет рассмотреть особенности его развития и определить степень наших знаний о солнечной цикличности. Являясь второй половиной 22-летнего “физического” солнечного цикла, данный цикл показал ряд особенностей, которые до этого не наблюдались. Впервые с момента научных наблюдений циклов солнечной активности (1849 г.) стало ясно, что закономерность Гневнышева-Оля является правилом на данной небольшой статистике в 13 солнечных циклов. Рассмотрим основные характеристики текущего цикла солнечной активности после 7 лет его развития:

- формальное начало текущего 23 цикла солнечной активности май 1996 года, и начальное значение сглаженного числа Вольфа  $W=8.0$ ;
- первая группа 23 цикла появилась непосредственно в точке минимума (май 1996 г.);
- начало фазы роста – сентябрь 1997 г. ( $W=51.3$ ), когда на видимом диске Солнца появились первые две большие группы солнечных пятен с  $S_p > 500$  м.д.п.;
- максимум цикла наступил в апреле 2000 г. –  $W=121.7$ ,  $F10.7=180.5$ ;
- переполюсовка основных структур общего магнитного поля (окончательная смена знака на широтах больше 60 град.) – июнь – декабрь 2000;
- вторичный максимум цикл прошел в ноябре 2002 г.  $W=115.8$ , причем значение сглаженного потока радиоизлучения на 10 см значимо превысило значение в основном максимуме ( $F10.7=191$ );
- значительное отставание по общему количеству активных областей (АО) текущего цикла, появившихся на видимом диске Солнца за соответствующий период (63 месяца) для трех последних циклов;
- значительное превосходство числа корональных дыр текущего цикла над двумя прошедшими (возможно, впервые появился намек на тенденцию, что в солнечных циклах с “дефицитом” активных областей существует “избыток” корональных дыр);
- сами группы пятен стали меньше по размерам, менее сложные, с более медленным темпом развития и большим временем жизни. Это характерные признаки стабильных (не вспышечных) активных областей, которые могут указывать на более слабую циркуляцию в солнечной конвективной зоне в текущем цикле по сравнению с несколькими предыдущими (18 – 22), количество высокоширотных (30 град.) групп пятен близко к наблюдаемому в достоверных циклах и значительно уступает циклам 22 и 19;
- следствием дефицита вспышечных активных областей явилось значительное отставание текущего цикла по количеству оптических вспышек, рентгеновских всплесков, в том числе и больших протонных событий.

Основные этапы развития текущего 23 цикла солнечной активности:

- Минимум 22 цикла солнечной активности – 05.1996 г. ( $W^*=8.0$ ).
- Фаза роста 23 цикла солнечной активности – 09.1997 г. – 09.1999 г.
- Максимум относительного числа солнечных пятен – 04.2000 г. ( $W^*=120.7$ ).
- Глобальная переполусовка общего магнитного поля – 07 – 12.2000 г.
- Вторичный максимум – 11.2001 г. ( $W^*=115.6$ ).
- Максимум потока радиоизлучения на 10.7 см – 02.2002 г. ( $F^*=197.2$ ).
- Фаза максимума – 10.1999 г. – 06.2002 г.
- Начало фазы спада – 07.2002 г.
- Вероятная точка минимума – 11.2007 – 01.2008 г.

УДК 523.75 + 523.165

## Современное состояние оценки явлений возмущающих околоземное космическое пространство

*В.Н. Ишков*

ИЗМИРАН, Троицк, Московская область  
e-mail: ishkov@izmiran.rssi.ru

Поступила в редакцию 16 августа 2002 г.

Начальный этап освоения космоса и развитие высокотехнологических систем поставили в повестку дня проблему оценки состояния и прогноза обстановки ближнего космоса, а в перспективе и любой области гелиосферы. Под термином “КОСМИЧЕСКАЯ ПОГОДА” понимается состояние магнитосферы, ионосферы, тропосферы и т.д., всех слоев околоземного космического пространства в любой заданный отрезок времени, которое определяется активными явлениями на Солнце. Электромагнитные и плазменные возмущения от солнечных геоэффективных явлений (вспышечные процессы, корональные дыры) через солнечный ветер распространяются в гелиосфере, воздействуют на магнитосферы планет, их спутников и комет и вызывают значительные отклонения от фонового, спокойного состояния практически всех слоев рассматриваемых объектов. Полную цепочку возмущений от отдельного большого вспышечного события можно представить в виде трех отдельных этапов воздействия: 1 – ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ УДАР, воздействует в момент развития вспышки, во время которого в коротковолновом диапазоне электромагнитного излучения поток повышается на несколько порядков. Например в диапазоне мягкого рентгена 1 – 8 А возрастание потока может достигать 4 порядков. В настоящее время введена пятибалльная шкала оценки этого рода возмущений, которая меняется от R1 для вспышек балла M до R5 для самых мощных вспышек, балл которых  $> 12.5.2$  – ВЫБРОС СОЛНЕЧНЫХ ЧАСТИЦ (протонов, электронов, нейтронов) с энергиями  $> 10$  МэВ, которые, достигая околоземного космического пространства, вызывают солнечные протонные события. Для характеристики солнечных протонных событий в околоземном космическом пространстве тоже введена пятибалльная шкала оценки уровня потока протонов от S1 для потока протонов  $10\text{ч/сек}\cdot\text{стер}\cdot\text{см}^2$ , до S5 для потока протонов на четыре порядка больше. 3 – ПЛАЗМЕННЫЙ УДАР (межпланетные ударные волны, транзиентные структуры), распространяющиеся в солнечном ветре и представляющие собой возмущения достигающие околоземное космического пространства за 1.5 – 5 суток и вызывающие в околоземном космическом пространстве магнитные и ионосферные бури. Для оценки интенсивности высокой геомагнитной активности также введена пятибалльная система от G1 для геомагнитных бурь с  $K_p=5$  до G5 для больших геомагнитных возрастаний с  $K_p=9$ . Под прогнозом геоэффективных солнечных явлений здесь понимается совокупность всех видов прогнозов, в задачу которых входит расчет развития процессов и явлений, происходящих в солнечной атмосфере и влияющих на магнитную и радиационную обстановку в околоземном космическом пространстве на заданные интервалы времени.

УДК 523.9

## Динамика петельного протуберанца и коронального выброса массы 2 марта 2002 года

*И.С. Веселовский<sup>1</sup>, А.Н. Жуков<sup>1,2</sup>, О. Панасенко<sup>1</sup>, О.С. Яковчук<sup>1</sup>, Ж.-П. Делабуденьер<sup>3</sup>, С. Кучми<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> Научно-исследовательский институт ядерной физики МГУ, Москва

<sup>2</sup> Королевская Бельгийская обсерватория, Брюссель

<sup>3</sup> Институт космической астрофизики, Орсе

<sup>4</sup> Астрофизический институт, Париж

Поступила в редакцию 6 июня 2002 г.

Рассматривается зарождение и развитие коронального выброса массы 2 марта 2002 года по данным SOHO/EIT и LASCO. Прослеживается динамика изменения формы, скорости и температуры петельного протуберанца до и во время выброса массы, а также следующее за выбросом большинства петельных протуберанцев явление – аркада на месте улетевшего протуберанца. Предлагается простая геометрическая интерпретация формы петельного протуберанца до и после выброса.

Рассматриваемый протуберанец, историю которого можно проследить как минимум на один солнечный оборот назад, по форме представляет собой систему из двух спиралей, намотанных на часть тора, которые становятся отчетливо видны при подъеме протуберанца во время зарождения СМЕ. По данным SOHO/EIT видно, что на начальном медленном этапе подъема, со скоростью около 300 км/с, число витков для каждой спиральной нити сохраняется, хотя сам тор увеличивается в размере. Главная ось тора в начале представляется плоской кривой, напоминающей часть окружности, но при подъеме тора происходит пространственное скручивание его верхушки. Это хорошо видно на снимках с LASCO C3, соответствующих большим высотам подъема и большим скоростям выброса (около 1000 км/с). Особенностью данного протуберанца является его одновременное ускорение и нагрев, причем нагрев неоднородный – горячее облако одной из спиральных нитей обернуто холодным жгутом другой. Другая необычная характеристика рассматриваемого протуберанца связана с долгим временем сохранения его связи с поверхностью Солнца, более 3 часов на снимках SOHO/EIT были видны дуги нижней части тора улетевшего протуберанца, между которыми и вспыхнула аркада низких петель.



УДК 550.2

## Солнечные и гелиосферные причины геомагнитных возмущений в 2002 году

*Ф. Ботмер<sup>1</sup>, И.С. Веселовский<sup>2</sup>, А.В. Дмитриев<sup>2,3</sup>, А.Н. Жуков<sup>2,4</sup>, П. Каргилл<sup>5</sup>, О. Панасенко<sup>2</sup>, Е.П. Ромашец<sup>6</sup>, О.С. Яковчук<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Институт астрономии Макса Планка, Германия

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

<sup>3</sup> Институт космических наук, Национальный университет, Тайвань

<sup>4</sup> Королевская Бельгийская обсерватория, Брюссель

<sup>5</sup> Имперский колледж научной технологии и медицины, Лондон

<sup>6</sup> Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн, Троицк, Московская область

Поступила в редакцию 22 мая 2003 г.

Мы определяем солнечные источники интенсивных геомагнитных возмущений ( $A_p > 20$ ), произошедших в течение 2002 года. Все они связаны с корональными выбросами массы. Развитие этих корональных выбросов сопровождалось рентгеновскими всплесками 1-8Å, регистрируемыми аппаратом GOES-10. Эти данные могут служить инструментом “космической погоды” и позволяют предсказать возможное геомагнитное возмущение при условии подходящей геометрии распространения в межпланетном пространстве коронального выброса массы, сопровождаемого при его зарождении рентгеновским всплеском. Каждое событие прослеживается по данным базы APEV (<http://dec1.npi.ms4.ru/aprev/>).

Проведен анализ зависимости количества и интенсивности геомагнитных возмущений от времени года.

УДК 523.98

## Pole-ward motion of filament bands due to their mutual repulsion

*D.K. Callebaut<sup>1</sup>, V.I. Makarov<sup>2</sup> and A. G. Tlatov<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Physics Dept., UIA, University of Antwerp, B-2610 Antwerpen, Belgium

<sup>2</sup> Pulkovo Astronomical Observatory, 196140, Saint Petersburg, Russia

Поступила в редакцию 11 июня 2002 г.

The large-scale regions of unipolar magnetic field are separated by filament bands encircling the whole Sun. The latter form the boundary between regions of weak ingoing and outgoing magnetic fields (a few gauss). The unipolar regions and their filament bands are generated in the vicinity of the equator and move towards their respective pole with speeds of a few m/s up to 50 m/s on some occasions. However, they take a 'rest' during the minimum of a solar cycle. It was inferred from observations during 12 solar cycles that the 'upper rest latitude' has decreased from say  $55^\circ$  to  $39^\circ$ , thus doubling the surface of the unipolar region of the polar cap and doubling the magnetic flux (1,2) as effectively observed during the last 120 years. This may affect the cosmic rays reaching the Earth and thus the weather.

The filament bands carry total electric currents up to  $10^{11}$  Ampere. Their distance is of the order of half a solar radius. From their mutual repulsions and attractions we estimated accelerations which seem clearly too large. However it is argued that the real mass of the filament bands is in reality much larger because their magnetic fields connect them with a surface layer on the Sun, which increases strongly the effective mass and the friction as well. The interaction with the magnetic field of the polar cap is relevant too.

### References

Callebaut D.K. and Makarov V.I. // Solar Phys. 1992. V. 141. p. 381.

Makarov V.I., Tlatov A.G., Callebaut D.K. and Obridko V.N. // Solar Phys. 2002. V. 206. P. 383.

УДК 523.165

## Связь между солнечными протонными событиями, рентгеновскими всплесками и геомагнитными бурями

*Г.А. Базилевская<sup>1</sup>, А.К. Свиржевская<sup>1</sup>, А.И. Сладкова<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва, Россия  
e-mail: bazilevs@fian.fians.mipt.ru

<sup>2</sup> Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скобельцына МГУ

Поступила в редакцию 22 мая 2003 г.

До сих пор нет ясности в вопросе о том, какую роль в генерации солнечных космических лучей (СКЛ) играют процессы, происходящие во время вспышки, и ударные волны, связанные с выбросами корональной массы (СМЕ). С мощными СМЕ связаны межпланетные ударные волны, приводящие к геомагнитным бурям с внезапным началом (Storm Sudden Commencement, SSC). С целью выяснения роли вспышки и ударной волны в развитии солнечных протонных событий проведено статистическое исследование связи между солнечными протонами, рентгеновскими всплесками и SSC. Протонные события разделены на 3 группы: те, где наблюдались протоны менее 100 МэВ (I), от 100 до 500 МэВ (II) и более 500 МэВ (III). Показано, что связь СКЛ с рентгеновскими всплесками почти не возрастает при росте балла рентгеновского всплеска в пределах M класса. При дальнейшем росте мощности всплеска (в пределах X класса) наблюдается умеренный рост связи для событий I и II групп и сильный рост связи для событий III группы. Связь СКЛ с SSC слабо различается для разных групп событий СКЛ. Однако эта связь выше для событий, инициированных восточными и центральными вспышками. Эти события в большинстве случаев относятся к I и II группам. Сделан вывод, что наибольшая информация об ускорении на Солнце содержится в событиях СКЛ с протонами с энергией >500 МэВ.

Работа выполнена при поддержке гранта INTAS 2000–752.

УДК 523.9

## О решении задачи генерации тороидального магнитного поля в солнечной конвективной зоне

*П.Г. Брайко*

Украина, Кировоградский педагогический университет имени Владимира Винниченко

Поступила в редакцию 24 апреля 2003 г.

Рассмотрено уравнение генерации тороидального магнитного поля (ТМП) при условиях солнечной конвективной зоны (СКЗ) в сферической системе координат. Его решение поставлено в зависимость от радиального градиента плотности вещества, распределения скорости слоев СКЗ, турбулентной вязкости. Было подтверждено, что функцию, которая описывает ТМП, можно разложить как сумму произведений сферических функций Бесселя и присоединенных полиномов Лежандра 1-го рода. Для анализа были использованы 3 основные моды функций Бесселя четного  $i$ -го порядка ( $i = 2, 4, 6$ ). По ходу решения задачи стало известно, что их использование возможно только в нижней половине СКЗ, где радиальный градиент плотности практически равен нулю. Падение плотности к поверхности СКЗ является основной причиной уменьшения величины ТМП. Определено, что основная мода для ТМП в СКЗ имеет 4-ый порядок, что подтверждается наблюдениями появления областей активности в “королевской” зоне.

### Литература

- Л.Л. Кічатинов, В.Н. Криводубський // Вплив обертання Сонця на турбулентне перенесення великомасштабного магнітного поля у конвективній зоні. Кінематика і фізика небесних тіл. 1991. Т. 7. С. 6.
- Mausumi Dikpati, Paul Charbonneau A Babcock-Leighton // Flux Transport Dynamo with Solar-like Differential Rotation. The Astrophysical Journal. 518: 508-520 pp., 1999 June 10.

УДК 523.9

## О возникновении активных областей на диске Солнца

*В.М. Ефименко*

Астрономическая обсерватория Киевского университета 04053, ул. Обсерваторная, 3, г. Киев, Украина

Поступила в редакцию 12 июня 2003 г.

В рамках исследования возможности предсказания возникновения активных областей (а.о.) в отдельных долготно-широтных интервалах Солнца рассмотрены корреляционные связи показателей активности в этих интервалах с активностью в соседних, а также с активностью в прошлых кэррингтоновских оборотах вплоть до 40 оборотов (40 г) в прошлое. Используются данные об активных областях приведенные в списках Active Regions, публикуемых в Solar Geophysical Data. В списках даются для каждого оборота координаты и баллы активных областей (от одного до девяти). А.о. балла 1 не содержат пятен. Балл определяется авторами сводок в зависимости от размеров факельного поля, мощности и сложности группы пятен, связанной с ним. Всего использовано 6849 а.о. относящихся к 178 кэррингтоновским оборотам за период с 3.04.1976 по 19.07.1989 гг. Основной целью настоящей работы является поиск закономерностей в проявлениях активности, которые можно привлечь для решения задачи предсказания.

С этой целью поверхность Солнца была разбита на интервалы по широте и долготе и найдены коэффициенты корреляции между активностью в разных зонах при разных смещениях по времени. В качестве показателя активности брались суммы  $I$  баллов активных областей в долготно-широтных интервалах, отнесенные к средней активности  $I$  интервала в данном обороте.

Показано, что в качестве предикторов для предсказания активности в северном и южном полушариях можно использовать активность в тех же зонах один – три оборота назад. В качестве области предыстории можно взять двумерную временную окрестность, дополненную данными в зонах  $L=\pi$  и  $L=\pi/2$ , и в противоположной полусфере при  $g=-3$ , где корреляции в основном положительны для всех долгот.

Приведены результаты проверки на экзаменационной выборке данных проверки построенного с помощью метода главных компонент алгоритма предсказания уровня активности в разных долготно-широтных интервалах, которые свидетельствует о том, что прогнозирование возникновения активных областей в долготно-широтных интервалах возможно. Вероятность удачного прогнозирования достаточно высока и составляет в среднем по всем данным 74%.

УДК 550.2

## Солнечная активность и метахромазия микроорганизмов

*Е.Н. Громозова<sup>1</sup>, В.М. Ефименко<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Институт Микробиологии и Вирусологии НАНУ

<sup>2</sup> Астрономическая обсерватория Киевского университета 04053, ул. Обсерваторная, 3, г. Киев, Украина

Поступила в редакцию 12 июня 2003 г.

На сегодня считается установленным факт влияния солнечной активности на сферу жизнедеятельности человека. Однако во многих случаях эти связи носят статистический характер и не решена проблема физико-химического механизма такого влияния. В то же время построение моделей направленных на понимание механизмов функционирования живых систем на разных уровнях организации нельзя строить без учета воздействия внешней среды к которому относится солнечная активность и другие факторы космического происхождения.

Одним из ярких проявлений этого влияния является метахромазия микроорганизмов под влиянием солнечной активности. Впервые способность коринебактерий под влиянием солнечной активности изменять характер окрашивания волютиновых зерен (с синей на красную) была установлена в середине 30-х годов основателем гелиобиологии А.Л. Чижевским вместе с врачом С.Т. Вельховером (био-астрономический эффект Чижевского-Вельховера). В последующем эти идеи (влияния солнечной активности на биосферу) получили широкое научное развитие в медицине, космонавтике, сельском хозяйстве и др. Однако в микробиологическом аспекте эти исследования не были продолжены.

С 2001 г. в Институте микробиологии и вирусологии НАНУ были начаты регулярные эксперименты по реакции коринебактерий. За 2002 год зарегистрировано 34 события (изменения цвета коринебактерий). Сопоставление событий с рядом индексов солнечной активности в целом показывает существование связи между ними. Более тесная связь появления событий отмечается с потоком солнечного радиоизлучения на длине волны 10.7 см., планетарным индексом магнитной возмущенности, скоростью солнечного ветра. Показатели вспышечной активности не показывают непосредственной связи с событиями.

Предполагается продолжение исследований, сосредоточив внимание на получении более однородного экспериментального материала и расширении показателей индексов солнечной и геомагнитной активности, с которыми изучается связь.

УДК 523.942–466

## Конвективные и волновые движения в редконаблюдаемом образовании солнечной атмосферы

*Р.И. Костык, Е.В. Хоменко*

Главная астрономическая обсерватория НАН, 03680, Заболотного 27, Киев,  
e-mail: kostik@mao.kiev.ua

Поступила в редакцию 13 мая 2003 г.

В августе 2001 года на 70-см германском вакуумном башенном телескопе VTT, установленном в обсерватории Дель Тейде Института астрофизики на Канарских островах (о. Тенерифе) были проведены спектральные наблюдения в линиях нейтрального и ионизованного железа в спокойной области вблизи центра солнечного диска. Линии экспонировались на протяжении 158 мин. с интервалом времени около 10 сек. Во время наблюдений дрожание солнечной поверхности на входной щели спектрографа не превышало 0.40 угловых секунд.

После первичной обработки наблюдательного материала (вариации интенсивности и скорости измерялись относительно их средних значений на разных уровнях спектральной линии, что соответствует разным высотам в атмосфере Солнца) мы обнаружили на высотах  $H = 200 - 500$  км в атмосфере Солнца яркое образование. Его размеры вдоль входной щели спектрографа составляли 2000 – 2500 км. Относительный контраст превышал средний в два раза на  $H = 200$  км и в четыре раза на  $H = 500$  км. Образование просуществовало в течении всего периода времени наблюдений.

Более подробные исследования показали, что:

1. На уровне образования континуума на протяжении всего времени наблюдений крупномасштабные скорости (с амплитудой около 1 км/сек) были направлены вглубь фотосферы.
2. С высотой эти скорости уменьшаются, на  $H = 170$  км меняют направление движения и затем увеличиваются вплоть до высоты  $H = 500$  км (максимальная высота образования используемых нами линий).
3. Коэффициент корреляции между скоростью и интенсивностью на всех высотах ( $H = 0 - 500$  км) не превышает 0.25.
4. Амплитуды пятиминутных колебаний интенсивности и скорости в два раза меньше, чем в окружающей спокойной области.
5. Асимметрия спектральных линий значительно отличается от асимметрии в гранулах и межгранульных промежутках.

На основании перечисленных наблюдательных фактов сделан вывод о неконвективном происхождении этого образования. Мы нашли лишь две опубликованные работы, в которых сообщается о подобном образовании (plume). Однако, в них приводятся лишь величины скорости, а продолжительность наблюдений не превышала 16 минут.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта INTAS 00–00084.

УДК 523.9

## Отраженные акустические волны в солнечной атмосфере

*С.Н. Осипов*

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

Поступила в редакцию 20 мая 2003 г.

Акустические волны при своем распространении испытывают частичное отражение. Поэтому характеристики поля отраженных волн можно оценить только после суперпозиции волн отраженных на разных высотах. В настоящей работе мы для стационарных акустических волн попытались исследовать характеристики установившихся полей отраженных волн. Для изотермической гравитационно-стратифицированной солнечной атмосферы были рассчитаны коэффициенты отражения и трансмиссии волн на разных высотах атмосферы. Выполнена имитация распространения исходной поднимающейся волны, а также суперпозиционных полей отраженных волн.

Проанализируем свойства отраженных волн с точки зрения возможности их обнаружений по наблюдениям фотосферных волн скорости:

1. Суперпозиция первично отраженных волн демонстрирует, как правило, отрицательный сдвиг фаз (т.е. как и у исходных поднимающихся колебаний). Это существенно усложняет возможность их наблюдательного обнаружения.

2. Высота области *П*-скачка фаз отраженных волн уменьшается с ростом частоты и совпадает с высотой наименьшей мощности поля отраженных волн. Однако наличие отражений более высоких порядков и рассеянных волн приводит к полному размыванию фазового скачка в пространстве.

3. Наличие отражения приводит к тому, что по сравнению со случаем отсутствия отражения распространяющаяся наружу волна при пересечении высот, на которых частота равна акустической частоте обрезания, сначала увеличивает свою амплитуду, а затем уменьшает. При этом волна резко изменяет свою фазовую скорость. Однако, вследствие горизонтальной неоднородности структуры фотосферы, эти высоты отличаются даже для соседних участков солнечного диска. Учитывая, кроме этого, невысокую разрешающую способность наблюдений по высоте, это приводит к сильной размытости как “горба” мощности, так и ожидаемого излома на фазовой зависимости.

4. Вторично отраженные волны превышают по амплитуде первично отраженные и демонстрируют подобные исходной волне амплитудно-фазовые зависимости с высотой.

Для доминирующей частоты пятиминутных колебаний ( $\sim 3.5$  мГц) вторично-отраженные волны следуют за исходной волной с опозданием  $\sim P/2$ . Причем сила этих волн в гранулах значительно больше, чем в межгранульных участках. Поэтому суперпозиция волн должна приводить к заметному запаздыванию колебаний в гранулах по сравнению с межгранулами. Для проверки этого эффекта мы обработали наблюдения линий Fe I 532.4 нм (30 минут) и Fe II 614.9 нм (60 минут), выполненные Н.Г. Щукиной в 1996 г. на телескопе VTT обсерватории Изана. Сравнивались временные интервалы между отдельными колебаниями в переходах от гранулы к межгрануле и от межгранулы к грануле. И действительно, интервал ‘гранула-межгранула’ оказался на  $\sim 5\%$  короче, чем межгранула-гранула’, что подтверждает наличие отраженных волн. Здесь следует отметить, что возможный ‘захват’ колебаний конвективными движениями привел бы к обратному эффекту.



Работа выполнена при частичной поддержке гранта INTAS 00-00084.

УДК 523.9-377

## Магнитная накачка тороидального поля во вращающейся конвективной зоне Солнца

*В.Н. Криводубский*

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

Поступила в редакцию 2 июня 2003 г.

Наибольшее распространение среди исследователей солнечного глобального магнетизма получило представление о том, что солнечный цикл задается механизмом  $\alpha\Omega$ -динамо, который основан на совместном действии в солнечной конвективной зоне (СКЗ) спиральной турбулентности ( $\alpha$ -эффект) и дифференциального вращения ( $\Omega$ -эффект) (Паркер, 1982; Вайнштейн и др., 1980). Для осуществления эффективного  $\alpha\Omega$ -процесса необходимо, чтобы магнитные силовые трубки оставались долго в области генерации вблизи дна СКЗ. Вследствие магнитного всплывания на поверхность трудно удерживать сильные поля в глубоких слоях в течение времени, сравнимого с длительностью солнечного цикла. Это приводит к ограничению на величину индукции тороидального поля, возбуждаемого  $\Omega$ -эффектом. Поэтому возникает необходимость поиска механизмов “антиплавучести” (направленной вниз магнитной накачки), способных компенсировать обусловленные плавучестью потери полей в зоне генерации. Существенную роль при согласовании моделей солнечного цикла с наблюдениями, наряду с эффектами турбулентного динамо, играют так называемые процессы перестройки крупномасштабного магнитного поля, связанные с турбулентным переносом поля в неоднородной СКЗ (Вайнштейн и др., 1980). В турбулентной неоднородной плазме возникает весьма интенсивный поток магнитного поля (магнитная накачка) вдоль градиента ее плотности  $\rho$  ( $\nabla\rho$ -эффект) со скоростью  $\mathbf{V}_\rho \cong (1/6) \tau \langle \mathbf{v}^2 \rangle \nabla\rho/\rho$  ( $\tau$  – характерное время турбулентных пульсаций;  $\mathbf{v}$  – турбулентная скорость; угловые скобки обозначают усреднение по масштабу, значительно превышающему размеры турбулентных пульсаций) (Дробышевский, 1977; Вайнштейн, 1983; Кичатинов, 1982). Поскольку на вертикальном протяжении СКЗ плотность плазмы меняется на 5–6 порядков, то в области турбулизованной конвекции возникает направленный вниз существенный перенос горизонтального магнитного поля со скоростью около  $10^2$  см/с возле дна зоны (Криводубский, 1987). Этот направленный вниз магнитный поток совместно с турбулентным диамагнетизмом играет основную роль в компенсации магнитного всплывания полей (Криводубский, 1987). Вращение Солнца порождает анизотропию конвекции, которая наделяет магнитную накачку новыми свойствами (Кичатинов, 1991).

Интенсивность взаимодействия конвекции с вращением определяется числом Кориолиса  $\beta = 2\tau\Omega$  ( $\Omega$  – угловая скорость). Расчеты для модели СКЗ Стикса (Стикс, 1989) с использованием последних данных гелиосейсмологии о внутреннем вращении Солнца (Хау и др., 2000) показывают, что уже вблизи поверхности число Кориолиса становится больше 1/8 и возрастает вглубь, достигая значения около 100 возле дна зоны. В диапазоне умеренных значений  $\beta$  следует ожидать важных дополнительных эффектов турбулентного переноса. Действительно, согласно исследованиям Кичатинова (Кичатинов, 1991), влияние вращения проявляется в том, что полоидальная  $\mathbf{V}_\rho$  и

тороидальная  $\mathbf{V}_T$  компоненты глобального поля должны переноситься в различных направлениях и с разными по величине скоростями. Наиболее важный вклад в перестройку солнечного магнетизма дает радиальный перенос тороидального поля  $\mathbf{V}_T$  со скоростью  $\mathbf{V}_{\rho r}^T \cong +\lambda|\tau v^2[\varphi_2(\beta) - \varphi_1(\beta) \sin^2 \theta]$  ( $\lambda = \nabla\rho/\rho$ ,  $\theta$  – коширота). Функции числа Кориолиса  $\varphi_1(\beta)$  и  $\varphi_2(\beta)$  описывают влияние вращения на турбулентную конвекцию. Согласно нашим расчетам, в полярных областях магнитная накачка, как и в отсутствие вращения, направлена вниз (максимальная величина скорости переноса составляет около  $2 \cdot 10^3$  см/с на глубине 50 тыс. км), поэтому на высоких широтах поля заблокированы в глубоких слоях СКЗ. По-видимому, вследствие этого там никогда не возникают солнечные пятна. Однако на низких широтах в нижней половине СКЗ тороидальные поля переносятся вверх (со скоростью  $\cong 20$  см/с), подобному тому, как они движутся к поверхности вследствие магнитной плавучести. В то же время, примерно посередине СКЗ (по радиусу) магнитная накачка меняет свой знак на противоположный, и вблизи поверхности она уже, как и полярных областях, направлена вниз – против магнитной плавучести. В результате получаем следующую картину перестройки поля в приэкваториальном домене.

Тороидальные поля  $\mathbf{V}_T$ , возбуждаемые  $\Omega$ -эффектом вблизи дна СКЗ из полоидального  $\mathbf{V}_P$ , благодаря совместному действию плавучести и магнитной накачки мигрируют вверх, достигая области, где накачка начинает действовать против магнитного всплывания. Поскольку в поверхностных слоях магнитная плавучесть чрезвычайно эффективна, то здесь направленная вниз накачка может задержать всплывание только слабых полей. Из условия равновесия между эффектами всплывания (со скоростью  $V_B \cong V_T/(4\pi\rho)^{1/2}$ ) и погружения (со скоростью  $V_{\rho r}^T$ ) можно определить амплитуду стационарного поля  $B_T^o \cong V_{\rho r}^T(4\pi\rho)^{1/2}$ , заблокированного в СКЗ. Расчеты свидетельствуют, что в верхней части СКЗ (модель Стикса (1989)) слабые поля блокируются направленной вниз накачкой, однако ничто уже не может помешать всплытию полей сильнее  $B_T^o \cong 1000$  Гс. В глубинах направленная вверх накачка служит “пособником” всплывающих полей, тогда как верхняя половина СКЗ с направленным вниз магнитным потоком играет роль “фильтра”, который пропускает к поверхности только сильные тороидальные поля, порождающие на фотосферном уровне активные центры. Согласно оценкам, максимальная широта вблизи дна СКЗ, на которой направленная вверх магнитная накачка помогает всплыванию полей в начале цикла ( $\theta^* = \arcsin \sqrt{\varphi_2(\beta)/\varphi_1(\beta)}$ ), соответствует параллели около  $45^\circ$ . Относительное изгибание магнитных силовых линий под влиянием радиального градиента угловой скорости на средних широтах сильнее, чем возле экватора. Поэтому следует ожидать, что тороидальные магнитные силовые трубки становятся нестабильными относительно всплывания сначала на средних широтах, и только позже – на все более низких широтах. Таким образом, в результате совместного рассмотрения  $\Omega$ -эффекта, магнитной плавучести и магнитной накачки, с учетом вращения, открывается путь для объяснения наблюдаемой в течение цикла картины возникновения пятен в “королевской зоне” на солнечной поверхности.

## Литература

- Вайнштейн С.И., Зельдович Я.Б., Румзайкин А.А. // Турбулентное динамо в астрофизике. М.: 1980. С. 352.
- Вайнштейн С.И. // Магнитные поля в космосе. М.: 1983. С. 240.
- Дробышевский (Drobyshevskij E.M.) // Astrophys. Space Sci. 1977. V. 46. P. 41.
- Кичатинов Л.Л. // Магнит. гидродинамика. 1982. N. 3. С. 67.
- Кичатинов (Kitchatinov L.L.) // Astron. Astrophys. 1991. V. 243. N. 2. P. 483.
- Криводубский В.Н. // Письма в Астрон. журнал. 1987. Т. 13. С. 803.
- Паркер Е. // Космические магнитные поля. М.: 1982. в 2-х частях.
- 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 523.98

## Общее магнитное поле Солнца: вращение магнитных структур противоположной полярности

*У.М. Лейко*

Астрономическая обсерватория Киевского национального университета 04053, Киев, Украина

Поступила в редакцию 11 июня 2002 г.

Исследовано вращение магнитных структур противоположной полярности и их границ по рядам наблюдений общего магнитного поля Солнца, выполненных в Крымской, Маунт-Вилсоновской и Станфордской обсерваториях (1968 – 2002 гг.).

Результаты представленных исследований подтверждают известный ранее факт неодинакового вращения магнитных структур противоположной полярности. Также обнаружено, что характер этого различия противоположен для низких и высоких широт и изменяется от цикла к циклу.

В 1975 – 2002 г. на приэкваториальных широтах быстрее вращались магнитные структуры положительной полярности (на 0.032–0.068 град/сут), на средних широтах – отрицательной полярности (на 0.02–0.043 град/сут). В 1968 – 1975 гг. на низких широтах скорость вращения отрицательных структур была на 0.024 град/сут больше угловой скорости вращения магнитных структур положительной полярности, на высоких широтах – на 0.023 град/сут медленнее.

Из-за большого количества пропусков наблюдений достаточное количество границ в крымском и маунт-вилсоновском рядах выделить не удалось. Вращение границ исследовалось по станфордскому ряду.

В 21 и 22 циклах границы “±” вращались медленнее, чем границы “±” в приэкваториальных широтах, на высоких широтах – наоборот. На протяжении части 23 цикла меньшая угловая скорость вращения “±” – границ была характерна для всех широт.

УДК 523.985 + 52-337

## Магнитные поля и термодинамические условия в солнечной вспышке 29 июля 2002 г.

*В.Г. Лозицкий, Е.В. Курочка*

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

Поступила в редакцию 12 июня 2003 г.

Вспышка 29 июля 2002 г. имела балл M4.7/2N и возникла в активной области NOAA 7290 недалеко от центра диска. Начало вспышки было в 10:27 UT, максимум – в 10:44 UT и конец – в 11:13 UT. Вспышка наблюдалась на эшелюном спектрографе горизонтального солнечного телескопа Астрономической обсерватории Киевского национального университета имени Тараса Шевченко. При наблюдениях использовался анализатор круговой поляризации. Было получено 9 снимков спектра вспышки в интервале длин волн от 530 до 660 нм при экспозициях от 10 до 20 сек. Вблизи максимума вспышки экспозиции были более частыми; в частности, были выполнены фотографирования спектра в моменты 10:41:30, 10:42:50 и 10:46:20 UT. Эти три спектрограммы были сняты в одном и том же месте вспышки, тогда как другие спектры (в процессе поиска наиболее интересных спектральных проявлений) получены в несколько иных местах активной области. Тем не менее, все спектры относятся к области большого пятна с несколькими ядрами противоположной полярности. По нашим измерениям, полярности и напряженности (в сТл) в наиболее крупных ядрах этого пятна составляли S25, S26 и N25. Входная щель спектрографа проектировалась на область полутени в северной части пятна, недалеко от ядра N25.

С целью измерения магнитного поля на разных уровнях вспышки и определения в ней термодинамических условий были профотометрированы несколько линий различных элементов, включая линии FeI 630.25 нм, H $\alpha$  и D3 HeI. Измерение магнитного поля по первой из указанных линий выполнялось по абсорбционным профилям и относится к уровню средней фотосфере, тогда как до двум другим линиям – по эмиссионным “холмам” в ядрах линий и относится к различным уровням хромосферы (возможно, частично также короны в случае линии D<sub>3</sub> HeI). Непосредственное измерение смещений “центров тяжести” профилей линий в спектрах I+V относительно спектров I–V показало, что величина магнитного поля в исследуемом месте вспышки составляла 50 – 80 мТл. Эти измерения выявили интересный эффект – заметное (на 20 – 30 мТл) преобладание магнитного поля по обеим хромосферным линиям над полем по фотосферной линии, что, вероятно, указывает на реальное локальное усиление магнитного поля в хромосфере. Подобный эффект уже отмечали другие исследователи, но в области верхней фотосферы – зоны температурного минимума. В этой зоне отмечался пик не только магнитного поля, но и температуры, а также относительное снижение турбулентных скоростей. В дальнейшем планируется исследовать этот эффект более детально.

УДК 523.985 + 52-337

## Тонкие поляризаационные эффекты в профилях линий Fe I в солнечных вспышках

*В.Г. Лозицкий, В.В. Лозицкий*

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

Поступила в редакцию 12 июня 2003 г.

Исследованы Стоксовы профили I и V линий FeI в трех солнечных вспышках: 25 июля 1981 г., 29 марта 2001 г. и 29 июля 2002 г. баллов 2N, X1.7/1B и M4.7/2N соответственно. Эшельные зееман-спектрограммы вспышек получены на горизонтальном солнечном телескопе Астрономической обсерватории Киевского национального университета имени Тараса Шевченко. Детально изучены линии FeI 630.25 нм, FeI 630.15 и FeI 617.33 нм с факторами Ланде 2.5, 1.67 и 2.5, соответственно. Во всех трех вспышках найдены места, где продольное магнитное поле  $B$ , измеренное методом "центров тяжести", достоверно отличалось по разным линиям. Отмечены интересные случаи, когда наблюдалось соотношение  $B(630.25) > B(630.15)$ , противоположное обычному  $B(630.25) < B(630.15)$ , наблюдаемому при умеренных магнитных полях вне пятен и вспышек. Поскольку данные линии имеют близкие глубины формирования в атмосфере Солнца и температурные чувствительности, а измеренные поля не превышали 75 мТл, найденное отличие не может быть связано с высотным градиентом магнитного поля а также с неполным разделением спектральных компонент в эффекте Зеемана. Анализ Стоксовых профилей I и V линии FeI 6173.3, которая имеет достаточно "чистые" от бленд крылья и прилегающий к ним спектральный континуум, показал, что на больших расстояниях от центра линии ( $> 30$  пм) выявляется такая особенность: необычное соотношение между полями в линиях 630.15 и 630.25 возникает тогда, когда в спектральном континууме на расстояниях 30 – 60 пм от ядра линии 617.33 имеется слабая (1 – 2%) круговая поляризация противоположного знака. Это говорит о том, что вспышки возникают в местах появления очень сильных (0.5 – 1 Тл) магнитных полей противоположной полярности. Указанная особенность вероятно указывает на сверхмощные (в несколько Тл) магнитные поля во вспышках, сконцентрированные в пространственно неразрешимых структурных элементах. В тех случаях, когда наблюдается необычное соотношение измеренных полей  $B(6302.5) > B(6301.5)$ , полярность магнитного поля в этих элементах (как это следует из спектральных данных) должна быть противоположной по отношению к полярности основного "фонового" поля, создающего преобладающий сдвиг линии в целом в спектрах I+V относительно I-V. Возможно, присутствие в местах вспышек сверхмощных магнитных полей противоположной полярности является неким ключевым моментом, указывающим на благоприятные условия для возникновения физических процессов типа тиринг-неустойчивости, приводящих к развитию мощного энерговыделения солнечной вспышки

УДК 523.98

## Вспышечная активность Солнца и возмущения космической погоды

*Е.В. Милецкий, В.Г. Иванов*

Главная астрономическая обсерватория РАН, С.-Петербург  
e-mail: [milet@gao.spb.ru](mailto:milet@gao.spb.ru)

Поступила в редакцию 22 мая 2003 г.

Целью работы является определение степени влияния различных характеристик вспышечной активности Солнца на возмущения космической погоды и построение качественных и количественных соотношений, отражающих это влияние.

В качестве исходных переменных были взяты ряды ежедневных интенсивностей Н-альфа вспышек, разделенные на компоненты, соответствующие определенному баллу и пространственной локализации вспышки – всего около 31 тысячи событий за период 1980 – 1998 гг. Параметрами, определяющими уровень возмущённости космической погоды, служили величины скорости солнечного ветра и *aa*-индекса геомагнитной активности.

Установлено, что интервал запаздывания возмущений космической погоды по отношению ко вспышечным событиям, имеющий наибольшее статистическое обоснование, равен приблизительно двум суткам.

Показано, что геоэффективность вспышек, происходящих в гелиодолготном интервале вблизи центрального меридиана ( $\pm 30^\circ$ ), оказывается в среднем выше, чем у вспышек из других долготных интервалов, причем эта закономерность сильнее выражена для мощных вспышек. Зависимости геоэффективности вспышек от их широтного распределения не наблюдается.

Получены количественные соотношения, связывающие эти характеристики с параметрами космической погоды.

Работа поддержана грантами INTAS 00–752 и РФФИ 01–07–90289.

УДК

## Поляризация протуберанцев в радиодиапазоне

*А.Г.Тлатов*

Кисловодская Горная астрономическая станция ГАО РАН

Поступила в редакцию 15 мая 2003 г.

Проведена обработка поляризации протуберанцев на длине волны  $\lambda = 1.76$  см. в период 1992 – 2002 гг. по данным наблюдений радиогелиографа Нобеяма. Обнаружено, что протуберанцы восточного и западного лимбов для одинаковых широтных интервалов имеют различные знаки круговой поляризации. Построены распределения поляризации протуберанцев в зависимости от широты и времени для восточного, западного лимбов и их разности. Зональное распределения поляризации протуберанцев в минимуме активности показывает разнополярную поляризацию в северном и южном полушарии. Протуберанцы в области образования пятен в различных полушариях имеют, преимущественно, один знак поляризации. Определено изменение знака поляризации с высотой протуберанцев. Показано, что в случае смены знака поляризации с высотой протуберанцев магнитное поле в них соответствует инверсной конфигурации магнитного поля.



УДК 523.94

## Поиск и идентификация глобальных колебаний Солнца по радионаблюдениям

Л.И. Цветков, Н.С. Нестеров

Крымская астрофизическая обсерватория, Украина, п. Кацивели

Поступила в редакцию 4 июня 2003 г.

Предложение начать наблюдения 160-мин глобальных пульсаций Солнца в вариациях его радиоизлучения было одобрено А.Б.Северным в 1976 году. Им же была предложена методика дифференциальных измерений, исходя из параметров антенны РТ-22 и чувствительности имеющихся радиометров см-диапазона.

Попытка обнаружить пульсации фотосферы с периодом 160 мин в радиоизлучении Солнца впервые была предпринята на волнах 1.9, 2.5 и 3.5 см в период 21 – 25 июня 1977 г. Наблюдения заключались в регистрации интенсивности радиоизлучения попеременно от двух участков солнечного диска: вблизи центра и вблизи северного края диска. Таким образом были выявлены флуктуации относительной (центр-край) радиояркости с периодом 160 мин и амплитудой  $\sim 10^{-3}$ , которые происходили синхронно с глобальными 160-мин пульсациями поверхности Солнца (Ерюшев и др., 1979). Дальнейшие наблюдения флуктуаций спокойного Солнца на волне 2.25 см в 1978 – 1980 гг. показали наличие когерентности изменений радиояркости с 160-мин колебаниями лучевой скорости, определенной по оптическим наблюдениям. Средняя амплитуда колебаний соответствовала изменению радиояркости на  $\pm 3$  К. Обнаружено запаздывание колебаний радиояркости по отношению к колебаниям лучевой скорости примерно на 12 мин. Фаза максимальной скорости (приближение центра диска к наблюдателю) совпала с увеличением радиояркости вблизи края диска с некоторым запаздыванием по фазе (Цветков 1983).

Поиск и идентификация колебаний Солнца с периодом 160-мин были продолжены в кооперации с РТ-14 РХУТ при одновременных наблюдениях на мм-волнах. Было установлено, что 160-мин осцилляции иногда проявляются достаточно четко, хотя их амплитуда не превосходит 10 К. В некоторых случаях имеется хорошая корреляция с оптическими и радио измерениями в Крыму (Нестеров и др., 1983). Методика наблюдений, предложенная Н.С. Нестеровым, заключалась в прямых измерениях яркости невозмущенного Солнца на волнах 8.2 и 13.5 мм с учетом поглощения в атмосфере Земли по закону Бугера. В результате наблюдений была обнаружена компонента с периодом 160.01 мин. Относительные амплитуды колебаний составляли  $\sim 6 \cdot 10^{-4}$  и  $\sim 10^{-3}$  на короткой и длинной волне, соответственно. Максимум радиояркости соответствовал фазе наибольшего, согласно оптическим данным, радиуса фотосферы (Ефанов и др., 1983). Результаты дифференциальных (центр/край) измерений радиоизлучения спокойного Солнца на волне 2.25 см в течение 1978 – 1984 гг. на РТ-22 подытожены в (Цветков, 1986). В средних спектрах мощности флуктуаций радиояркости обнаружены 12 доминирующих пиков в интервале периодов 70 – 400 мин. Шесть из них по значению периода близки к периодам пульсаций лучевой скорости Солнца, достоверно выделенных в Крыму и в Станфорде.

## Литература

- Нестеров Н.С., Урпо С, Котов В.А. // Письма в Астрон. журн. 1983. Т. 9. С. 312.
- Ерюшев Н.Н., Котов В.А., Северный А.Б., Цветков Л.И. // Письма в Астрон. журн. 1979. Т. 5. С. 546.
- Ефанов В.А., Моисеев И.Г. и Нестеров Н.С. // Письма в Астрон. журн., 1983. Т. 12. С. 741.
- Цветков Л.И. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1983. Т. 67. С. 118.
- Цветков Л.И. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1986. Т. 75. С. 77.

УДК

**Темные области в линии He 10830 Å и их связь с другими проявлениями солнечной активности**

*А.Г. Тлатов*

Кисловодская Горная астрономическая станция ГАО РАН

Поступила в редакцию 15 мая 2003 г.

Проведено выделение областей абсорбции в линии He10830Å, видимых как темные области. Исходными данными служили синоптические карты в период 1974 – 2002 гг. и ежедневные изображения 1993 – 2002 гг. обсерватории Китт Пик, представленных в виде fits изображений. При этом происходило выделение областей на изображениях, как объектов, имеющих общую границу, внутри которой интенсивность каждого пикселя была меньше пороговой величине (–50 единиц). Проведено измерение свойств выделенных областей и построены распределения. Для темных областей размером не более 500 мдп. максимум распределения близок к минимуму активности. Элементы большего размера отражают распределения пятен и зонального распределения волокон. На широтно-временных распределениях можно выделить области бабочки, совпадающие с бабочками активных областей. В полярных областях существуют два дрейфа: а) от средних к полюсам в период от начала цикла активности до переполюсовки; б) от полюса к экватору после переполюсовки магнитного поля.

УДК

**Изменение яркости короны с высотой по данным наблюдений телескопа SOHO/EIT-171A в период 1996 – 2002 гг.**

*А.Г. Тлатов, В.И. Макаров*

Кисловодская Горная астрономическая станция ГАО РАН

Поступила в редакцию 15 мая 2003 г.

Проведен анализ распределения яркости солнечной короны наблюдаемой в диапазоне жесткого УФ излучения на длине волны 171 Å. Рассмотрено изменение яркости короны на высотах  $1.01-1.2 \cdot R$  радиуса Солнца в период 1996 – 2002 гг. Показано, что распределение яркости короны на различных высотах имеет разный характер изменения с фазой цикла активности. Так на высотах более  $1.1 \cdot R$  яркость короны достигает наибольшей яркости в эпоху максимума активности солнечных пятен. В то же время яркость внутренней короны на высотах менее  $1.05 \cdot R$  в этот период имеет пониженную яркость. Возможно, этот факт связан с изменением структуры источников внутренней короны. В минимуме активности большие области над Солнцем имеют диффузионный характер свечения. В максимуме активности в распределении короны в основном преобладают источники связанные с активными областями и темные области, связанные с корональными дырами.

УДК

**Проявление активных долгот в поляризации радиоизлучения Солнца на волне 1.76 см.**

*В.В. Васильева*

Кисловодская Горная астрономическая станция ГАО РАН

Поступила в редакцию 15 мая 2003 г.

Рассмотрена долготная неоднородность распределения источников поляризованного радиоизлучения на Солнце в период 1992-2002 гг. на волне 1.76 см по данным радиогелиографа Nobeyama. Для этого было проведено выделение источников поляризации при превышении абсолютной величины круговой поляризации уровня 1% от эффективной яркостной температуры. По этим данным был сформирован банк данных, включающий такие характеристики как координаты, площадь, среднее и максимальные значения поляризации и др. Для различных широтных зон строились долготновременные, а также сводные диаграммы отдельно для положительной и отрицательной круговой поляризации. Показано, что при уровне поляризации больше 2 – 5% от эффективной яркостной температуры источники поляризованного излучения могут быть использованы для выделения активных долгот. Проведено сравнение с долготным распределением солнечных пятен большой площади и магнитных структур различной площади и интенсивности магнитного поля. Также обсуждается долготное распределение поляризованного излучения крупномасштабных магнитных полей.

УДК 523.98

## О функциональной роли Солнца, планетной системы и межпланетной среды в формировании 20-летнего солнечного цикла

Г.Я. Васильева<sup>1</sup>, М.Н. Нестеров<sup>2</sup>, Л.И. Румянцева<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Главная Астрономическая (Пулковская) обсерватория РАН, Санкт-Петербург, Россия, 196140

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН, Санкт-Петербург, Россия, 199178

<sup>3</sup> Институт прикладной астрономии РАН, Санкт-Петербург, Россия, 191187

Поступила в редакцию 13 мая 2003 г.

1. Найден способ оценить в 20-летнем цикле процессы энергетического обмена между Солнцем и планетной системой, которые, с одной стороны, сопровождаются изменением момента вращения Солнца вокруг своей оси ( $M$ ) при ненаблюдаемом положении этой оси на поверхности Солнца, а, с другой, – логической картиной эволюции глобальной диссипативной 20-летней спиральной структуры в ненаблюдаемой конвективной зоне Солнца, согласованной с изменением момента вращения Солнца вокруг своей оси.
2. Ключевым моментом работы является синтез двух подходов, отражающих наблюдаемую реакцию Солнца в его пятнообразовательной активности на внешнее воздействие, на динамические процессы в 20-летнем цикле солнечной активности в Солнечной системе, таких как
  - движение Солнца вокруг ЦМСС, в процессе которого  $M = 10^{48} \text{ г см}^2/\text{сек}$  может уменьшаться или увеличиваться в 20-летнем цикле на величину  $\pm 5 \cdot 10^{47} \text{ г см}^2/\text{сек}$  на частоте синодического обращения Юпитера и Сатурна (19.86 года)
  - резонансность Солнечной системы, которая проявляется в вариациях  $S_p$  на частотах обращения вокруг Солнца планет земной группы и в анизотропии межпланетной среды по признаку положения планет на орбитах в эпоху максимума 10-летнего цикла.
3. Обнаруженная анизотропия определила возможность перехода от временных вариаций пятнообразовательной активности к пространственно-временной диссипативной структуре конвективной зоны, содержащей волокнистые электрические токи, которые обозначают ее положение в фотосфере быстро всплывающими терроидальными магнитными структурами этих токов – солнечными пятнами.
4. Обсуждаются радиальные 20-летние пульсации Солнца, как основной механизм солнечно-земных связей. Эти пульсации подтверждаются эволюцией 20-летней фоновой компоненты солнечной магнитосферы, которая проявляется в вариациях солнечных и галактических космических лучей, подтверждается данными прямых космических экспериментов внутри орбиты Марса, эффектом Rosenberg'a-Coleman'a и изменением знака циркуляции  $B_T$ -компоненты межпланетного магнитного поля на орбите Земли с переполусовкой ОМП Солнца, а также высоким коэффициентом корреляции между годичной вариацией пятнообразовательной активности и распределением доминирующей полярности  $B_R$ -компоненты межпланетного магнитного поля на орбите Земли в эпохи минимума 10-летнего цикла.

УДК 523.98+551.51+551.46

## **Космическая погода: циркуляция земной атмосферы и наводнения в Санкт-Петербурге в 60-летнем и 120-летнем циклах**

*Г.Я. Васильева<sup>1</sup>, М.Н. Нестеров<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Главная Астрономическая (Пулковская) обсерватория РАН, Санкт-Петербург, Россия, 196140

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН, Санкт-Петербург, Россия, 199178

Поступила в редакцию 13 мая 2003 г.

С учетом обсуждаемого нами сценария функционирования Солнечной системы, сопровождаемого генерацией магнитных полей на Солнце в 20-летнем цикле и синхронными пульсациями Земли и Солнца, проведен анализ особенностей W, C, E-форм циркуляции атмосферы в северо-западном регионе по каталогам Вангенгейма-Гирса (1900 – 1972) в 20-летнем и 60-летнем циклах.

Проведена обработка непрерывных рядов невских наводнений (1703 – 1983) для ченых и неченых 60-летних циклов с использованием Восточного календаря и в сравнении с историческими данными о сейсмичности Балтийского щита при том же методе обработки исходных данных. Обсуждается возможность прогноза наводнений с учетом существования 120-летнего цикла.

УДК 523.986-987

## Эволюция группы NOAA 9236 и вспышечное энерговыделение по данным РАТАН-600

*В.Н. Боровик<sup>1</sup>, М.А. Лившиц<sup>2</sup>, И.Ю. Григорьева<sup>1</sup>, В.Г. Медарь<sup>1</sup>, В.А. Чернетский<sup>2</sup>*

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

<sup>2</sup> ИЗМИРАН, г. Троицк, Россия

Поступила в редакцию 4 мая 2003 г.

По результатам спектрально-поляризационных наблюдений Солнца с высоким пространственным разрешением на РАТАН-600 в микроволновом диапазоне исследовано изменение характеристик локального источника радиоизлучения, связанного с вспышечно-активной группой NOAA 9236. Обсуждается эволюция данной области, в которой за период 24 – 26 ноября 2000г произошло 7 мощных коротких вспышек, сопровождавшихся корональными выбросами массы. Всплытие новых магнитных потоков в активной области в этот период сопровождалось развитием источников микроволнового излучения к западу и востоку от основного пятна группы. Наиболее интересные наблюдения были проведены 25 ноября за час до вспышки M3.5/2N, в момент начала взрывного энерговыделения и на фазе спада события. Обнаружено сильное изменение поляризованного излучения микроволнового источника на коротких волнах сантиметрового диапазона и его сложное поведение с длиной волны, а также уменьшение потока источника над основным пятном непосредственно перед взрывом по отношению к состоянию на 1 час предшествующему вспышке. Приводится интерпретация наблюдательных фактов.

Работа поддержана грантами РФФИ 03–02–17357, 02–02–..., INTAS–181–2000, Госконтракт 40.022.1.1.1104.



УДК 550.388.2: 523

## Наблюдение солнечного затмения 1999 на РТ УРАН-4

*О.А. Литвиненко<sup>1</sup>, Е.А. Исаева<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> 1. Обсерватория "УРАН-4"РИ НАН Украины, г. Одесса

<sup>2</sup> 2. Физико-механический институт НАН Украины, г. Львов

Поступила в редакцию 20 мая 2003 г.

При наблюдении солнечного затмения 11.08.1999г. на радиотелескопе УРАН-4 (максимальная фаза 92%), акцент был сделан на исследование ионосферных эффектов затмения. Это определило методику наблюдения. Использовалась полная антенна телескопа, что позволяло регистрировать суммарный сигнал галактического фона и излучения Солнца. Наблюдения проводились на частотах 20 и 25 МГц. Уровень "спокойного" Солнца в декаметровом диапазоне по сравнению с уровнем галактического фона пренебрежимо мал. Поэтому можно считать, что в суммарном сигнале Солнце представлено спорадическим излучением, которое было достаточно легко отделить от сигнала галактического фона.

Таким образом, имелась возможность проследить за изменением мощности фонового излучения в период затмения и выделить ту часть этого изменения, которая обусловлена изменением поглощения в ионосфере, вызванным солнечным затмением. Принципиальным отличием от стандартных радиометрических измерений является то, что используется антенна с узкой диаграммой направленности. Это, по существу, обеспечило сканирование области тени с высоким пространственным разрешением (5 – 10 км).

Для оценки неравномерности галактического фона в наблюдаемом участке небесной сферы и оценки дневного поглощения и его вариаций наблюдения были продолжены в течение 6 дней после затмения. Кроме этого был проведен цикл наблюдений того же участка неба в ночное время пол года спустя.

Обработка наблюдательного материала показала, что в процессе затмения увеличение уровня фона достигало 25%. Форма кривой близка к расчетной. В основе расчетов – кривая относительного изменения потока ультрафиолетового излучения Солнца в зоне тени и модельные профили электронной концентрации и частоты соударений электронов в D области ионосферы.

На полученной кривой уровня фона имеется два участка (фаза затмения около 25% и 75% ) с резкими вариациями уровня относительно монотонной составляющей. Учитывая условия эксперимента, можно предположить, что в начальной и завершающей области перемещающейся тени зафиксированы движущиеся с тенью возмущения ионосферы, приводящее к вариациям интенсивности фонового сигнала. Можно предположить, что возмущения вызывают ударные волны в атмосфере, генерируемые перемещением тени луны по земной поверхности со скоростью звука (эффект "спидрезонанса", наблюдавшийся при прохождении солнечного терминатора на широтах 40 – 45 градусов).

УДК 520.3, 520.8, 523.9

## Исследование солнечных образований на основе комплексных наблюдений с Земли и на спутнике Коронас-Ф:

### 1. Методы наблюдений и анализ солнечных изображений, зарегистрированных в различных диапазонах волн

*О.И. Бугаенко<sup>1</sup>, В.В. Гречнев<sup>2</sup>, Р.К. Жигалкин<sup>3</sup>, И.А. Житник<sup>4</sup>, А.П. Игнатьев<sup>4</sup>, С.В. Кузин<sup>4</sup>, И.М. Лившиц<sup>5</sup>, В.П. Максимов<sup>2</sup>, В.Н. Обриджо<sup>5</sup>, А.А. Перцов<sup>4</sup>, Г.В. Руденко<sup>2</sup>, В.С. Слемзин<sup>4</sup>, Н.Н. Степанян<sup>3</sup>, А.Ф. Харшладзе<sup>5</sup>*

<sup>1</sup> ГАИШ МГУ, Москва, Россия

<sup>2</sup> ИСЗФ СО РАН, 126 ул. Лермонтова, Иркутск 664033, e-mail rud@iszf.irk.ru

<sup>3</sup> НИИ КраО, Научный, АР Крым, Украина, 98409, e-mail nataly@crao.crimea.ua

<sup>4</sup> ФИАН, Москва, Россия, e-mail kuzin@mail1.lebedev.ru

<sup>5</sup> ИЗМИРАН, ИЗМИРАН, Троицк, Московская область, 142190, Россия, e-mail ilusha@izmiran.rssi.ru

Поступила в редакцию 20 мая 2003 г.

Предлагаемая серия работ основана на анализе изображений Солнца в различных диапазонах спектра совместно с данными продольного магнитного поля. Изображения Солнца получены в результате координированных наблюдений эксперимента СПИРИТ на орбитальной станции КОРОНАС-Ф в диапазоне 8.4 – 335 Å и наземного телескопа БСТ-2 НИИ КраО в линии HeI 10830 Å. Эти изображения соответствуют разным температурам плазмы и высотам в солнечной атмосфере, от верхней хромосферы до нижней короны. В работе используются магнитограммы NSO/Kitt Peak, получаемые как совместный продукт NSF/NOAO, NASA/GSFC и NOAA/SEL. На их основе затем моделировалось поле на разных высотах. В статье описаны основные методики обработки полученных изображений с учетом особенностей использованных солнечных инструментов.

УДК 523.98

## Солнечная активность на тысячелетней и сверхтысячелетней шкале времени

*Д.М. Волобуев, Ю.А. Наговицын, Е.В. Милецкий*

Главная астрономическая обсерватория РАН, С.-Петербург  
e-mail: nag@gao.spb.ru

Поступила в редакцию 22 мая 2003 г.

Рассматривается целый комплекс различных данных, позволяющих судить о поведении солнечной активности (СА) в прошлом и модельные реконструкции 11-летнего и вековых изменений солнечной активности.

На интервале последнего тысячелетия в качестве основного (опорного) источника принимаются данные об экстремумах 11-летних циклов (Schove), обобщенных в нелинейной модели (Наговицын). В качестве дополнительных привлекаются следующие независимые источники: калиброванная кривая содержания радиоуглерода в кольцах деревьев (Stuiver) с учтенными нами поправками за основные физические эффекты, исторические данные о наблюдениях пятен невооруженным глазом (Wittman, Xu) в новой версии (Наговицын), а также о количестве полярных сияний из трех сводных каталогов. Кроме того, в качестве еще одного источника предлагается использовать анализ археомагнитных измерений (IAGA). Формируется физическая гипотеза о связанности дисперсии этих измерений с уровнем геомагнитной и вызывающей ее солнечной активности.

На основе вейвлет-преобразования показано, что во втором тысячелетии вариации СА для  $T = 50 - 400$  лет, полученные из различных источников данных с одной стороны, не противоречат друг другу, а с другой – согласуются с соответствующими вариациями глобальной приземной температуры (Mann). Предложен прогноз векового хода СА и средней температуры Земли в текущем столетии.

На сверхтысячелетней временной шкале в качестве опорного источника данных принимается ряд содержания радиоуглерода в кольцах деревьев (Stuiver). Производится последовательный учет трех основных факторов, которые помимо солнечной активности вносят вклад в долговременные вариации содержания радиоуглерода: изменение содержания углерода в атмосфере по измерениям содержания углекислого газа в антарктических ледовых скважинах, резервуарный эффект по предложенной нами обобщенной модели и изменение полного магнитного момента Земли по археомагнитным измерениям (Yang et al.). Показано, что количественный учет этих трех факторов позволяет физически описать и корректно избавиться от глобального тренда кривой радиоуглерода в Голоцене, от которого предыдущие авторы избавлялись лишь статистически с помощью аппроксимирующего полинома (Damon), (Schulz). В качестве дополнительных привлекаются сводные данные о глобальных максимумах и минимумах (Schove) на интервале нескольких тысяч лет.

Кроме того, высказывается предположение об обусловленности дисперсии палеомагнитных измерений солнечной активностью. Показано, что палеомагнитные измерения (Ali et al.), несмотря на трудности, связанные с неточностью датировки, по-видимому, достаточно адекватно отражают основные закономерности сверхдлинных вариаций солнечной активности, периоды которых превышают 500 лет.

С помощью нового подхода, основанного на мультимасштабном представлении динамики физических процессов, проведено исследование характера долговременных вариаций солнечной активности с характерными временными масштабами от нескольких десятков до нескольких сотен лет. Для описания таких вариаций построена индуктивная динамическая модель, на основе которой выполнен прогноз значений чисел Вольфа на ближайшие десятилетия.

Работа поддержана грантами INTAS 00–752, 01–550, РФФИ 01–07–90289, Программы Президиума РАН “Нестационарные явления в астрономии” N 18 и Минпромнауки РФ N 1105.

УДК 523.9

**N/S-асимметрия пятнообразовательной активности Солнца и ориентации основания гелиосферного токового слоя в 21 – 23 циклах**

*В.П. Бабий, В.И. Иванчук, Н.И. Пликало*

Астрономическая обсерватория Киевского университета, 04053, ул. Обсерваторная, 3, г. Киев, Украина

Поступила в редакцию 12 июня 2003 г.

По материалам бюлетня “Солнечные данные” установлены значения чисел Вольфа в кислородской системе для 21 и 22 циклов солнечной активности (1975 – 1995 гг.) для всего Солнца и отдельно для N и S полушарий. Проведено сравнение этих данных с существующими международной (брюссельской) и американской системами. Установлены существенные отличия характеристик солнечной активности, полученных по разным системам.

Исследована корреляция между числами Вольфа в 21 – 23 циклах и ориентацией основания гелиосферного токового слоя в N и S полушариях. Проводится обсуждение полученных результатов.

УДК 523.98

## Неустойчивость ленгмюровских волн и свистов в коронах Солнца и звезд

А.В. Степанов<sup>1</sup>, Ю.Т. Цан<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Главная астрономическая обсерватория, Пулковое, Россия

<sup>2</sup> Крымская Астрофизическая Обсерватория, 98409, Украина, Крым, Научный

Поступила в редакцию 18 июня 2003 г.

Сравнительно недавно благодаря наблюдениям, выполненным с высоким пространственным разрешением на радиогелиографе Nobeyama на частотах 17 и 34 ГГц, впервые удалось обнаружить распространение источника микроволнового излучения вдоль вспышечной петли (Йокояма и др., 2002). Наиболее интересная его особенность состояла в том, что он перемещался со скоростью  $\sim 6 \cdot 10^3$  км/с. Поскольку определяющий вклад в нетепловое гиротронное излучение на данных частотах дают электроны релятивистских энергий, то возникает вопрос о механизмах, ответственных за столь малые скорости распространения источника.

Наиболее аргументированной представляется гипотеза, связывающая низкую скорость источника с возбуждением плазменных мод, способных привести к практически мгновенному рассеянию электронов и формированию турбулентных “пробок”. Это предполагает необходимость детального исследования инкрементов кинетических неустойчивостей для различных колебаний и волн.

Считается, что если плазменная частота превышает гирочастоту электронов, то в условиях корон Солнца и вспыхивающих звезд легче всего раскачиваются свисты и ленгмюровские волны. Между тем вопрос о том, какие моды возбуждаются наиболее эффективно, как в случае нерелятивистских так и особенно релятивистских частиц по-прежнему остается до конца не выясненным.

Для оценки значений инкрементов спектр энергичных электронов предполагался степенным, а ихpitch-угловое распределение задавалось с помощью функции Хэвисайда. При этом нижняя граница скорости нерелятивистских электронов принималась равной  $v_{min}$ . После проведения аналитических расчетов нами были получены следующие основные результаты.

1. Как в релятивистском, так нерелятивистском случае наиболее эффективно возбуждаются свисты.

2. Значения инкрементов для верхнегибридных волн превышают соответствующие значения инкрементов для нижнегибридных.

3. Скорость раскачки свистов в релятивистском случае больше, чем в нерелятивистском приблизительно в  $(c/v_{min})^2$  раз.

Таким образом, диффузия энергичных анизотропных электронов в коронах Солнца и звезд определяется свистами.

## Литература

Йокояма и др. (Yokoyama T., Nakajima H., Shibasaki K. et al.) // *Astrophys.J.* 2002. V. 576. P. L87.

УДК 520.244

## Проект спектрогелиографа

*Л.А. Акимов<sup>1</sup>, А.Д. Егоров<sup>2</sup>, В.А. Егоров<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> НИИА ХНУ, Харьков, Украина

<sup>2</sup> ИРЭ НАН Украины, Харьков, Украина

Поступила в редакцию 4 июня 2003 г.

В докладе представлены предварительные результаты проектных работ по созданию спектрогелиографа для фотоэлектрической регистрации изображений Солнца в различных линиях спектра. Инструмент рассчитан на работу в широком спектральном диапазоне (365 нм – 1083 нм) с высокой избирательностью (около 0.01 нм).

Работа ведется Институтом Радиофизики и электроники Национальной Академии Наук при взаимодействии с Научно-исследовательским Институтом Астрономии Харьковского Национального Университета и Астрономического Института Академии Наук Республики Узбекистан.

Спектрогелиограф создается как унифицированная система модульной компоновки для мониторинга солнечной активности. Основными модулями спектрогелиографа являются следующие: телескоп, спектрограф и фотоэлектронный блок. По предварительным прикидкам телескоп должен обеспечивать дифракционное разрешение около одной дуговой секунды при неискаженном диаметре поля зрения в тридцать угловых минут. Представлено несколько вариантов оптической схемы.

Спектрограф базируется на дифракционной решетке с теоретическим разрешением около 50000. Его отличительной особенностью является возможность наблюдения Солнца в нескольких спектральных линиях. Кроме традиционных линий Na и K CaII, предполагается проводить наблюдения в инфракрасной линии гелия HeI 1083 Å и у предела серии Бальмера.

Регистрация полного диска Солнца и его фрагментов будет производиться фотоэлектронным блоком с фотодетектором на базе прибора с зарядовой связью. Зарегистрированные изображения будут запоминаться, обрабатываться в компьютере в режиме реального времени и передаваться по сети Internet всем пользователям. В дальнейшем предполагается создание разветвленного программного обеспечения, которое обеспечит экспресс-обработку в реальном времени и последующую обработку с определением различных индексов и показателей солнечной активности.

Быстрая обработка результатов измерений и размещение данных в сети Internet позволят осуществлять доступ к ним всем заинтересованным организациям. Будут разработаны программы управления телескопом, сбором, записью информации, экспресс-обработки и специальной обработки изображений, их хранения и доступа к ним по международной сети. Эти программы могут быть использованы для обработки любых астрономических изображений и другой видеoinформации. Это будет способствовать расширению наших оперативных сведений о процессах на Солнце и возможностей их прогноза.

УДК 550.388.2: 523

## Вариации характеристик ионосферных мерцаний по наблюдениям мощных космических радиоисточников в период 1998 – 2001 гг.

*О.А. Литвиненко, С.К. Панишко, Р.О. Кравец*

Обсерватория УРАН-4 РИ НАН Украины, г. Одесса  
e-mail: uran@raco.net

Поступила в редакцию 20 мая 2003 г.

При наблюдении космических радиоисточников в декаметровом диапазоне, приходится сталкиваться с сильно выраженными ионосферными эффектами. Один из них – мерцания радиоисточников, вызванные рассеянием радиоволн на ионосферных неоднородностях. В большинстве случаев, наличие мерцаний является мешающим фактором, ухудшающим условия радиоастрономических наблюдений. При планировании наблюдений и обработке данных желательно учитывать возможное влияние ионосферных мерцаний. Вместе с тем, данные о мерцаниях космических радиоисточников являются ценными сведениями, характеризующими состояние ионосферы. В данной работе рассмотрены характеристики мерцаний группы компактных радиоисточников (3C144, 3C274, 3C405, 3C461), систематические наблюдения которых проводились на радиотелескопе УРАН-4 в период 1998 – 2001 годов. Было проведено около 700 сеансов наблюдений каждого из названных источников (частоты 20 и 25 МГц). Продолжительность сеанса 4 – 5 часов, в течение которых производится до 7 определений характерного периода и индекса мерцаний. Рассматриваемый материал продолжает ряд данных, полученных в наблюдениях 1987 – 1994 гг.

Временной масштаб наблюдавшихся вариаций характеристик мерцаний лежит в интервале от долей часа до 4 лет (период наблюдений). Для большинства временных масштабов, величины вариаций могут достигать 70:90%. Основной задачей этой работы было выявление вариаций индекса мерцаний, не связанных с эффектами солнечной и геомагнитной активности. Прежде всего, речь идет о суточно-сезонных зависимостях.

Выявлены вариации индекса мерцаний с периодом 1 год. Величина вариаций для источников 3C144, 3C274, 3C405, 3C461 составляет соответственно 45%, 55%, 60%, 70%.

Для отдельных временных интервалов выявлены вариации с периодом около 28 суток (лунные вариации?), с величинами до 40%. Также для отдельных временных интервалов обнаружены вариации индекса мерцаний с периодом 5 – 7 суток и амплитудой 30 – 50%. Последние вариации (с периодом 7 суток) можно было бы отнести к разряду антропогенных, назвав такую, на первый взгляд, экзотическую причину, как недельное изменение нагрузок в энергосистемах, приводящее к переменному характеру воздействия электромагнитных и тепловых полей на ионосферу. Возможен и более прозаический антропогенный эффект, связанный с изменением уровня промышленных радиопомех, увеличивающих ошибку измерений.

Наблюдается суточная зависимость индекса мерцаний. Величины суточных вариаций лежат в интервале 20 – 50%. Минимальные значения индексов мерцаний приходятся на ночное время. Этот результат – наш вклад в сумятицу данных о суточной зависимости, полученных другими авторами.



УДК 523.98

## Hanle diagnostics of weak magnetic fields

*N.G. Shchukina*<sup>1</sup> and *J. Trujillo Bueno*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Main Astronomical Observatory, National Academy of Sciences, Zabolotonogo st., 27, Kyiv, 03680, Ukraine  
e-mail: shchukin@mao.kiev.ua

<sup>2</sup> Instituto de Astrofísica de Canarias, 38200, La Laguna, Tenerife, Spain  
e-mail: jtb@ll.iac.es

Поступила в редакцию 11 июня 2002 г.

We apply the theory of Hanle effect for interpretation of scattering polarization in the solar Sr I 4607 line. We compare observed fractional linear polarization  $Q/I$  with scattering polarization calculations in the chosen one- and three-dimensional (3D) models of the solar photosphere. We use realistic 3D snapshot of the recent solar hydrodynamical simulations. We show that in 3D multilevel radiative transfer modelling the spatially and temporally averaged Stokes  $Q$  and  $I$  profiles give a  $Q/I$  that is lower in comparison with 1D-case. However, it is still a bit larger than observed  $Q/I$ , thus indicating the need of invoking a depolarization mechanism. One reasonable possibility is a turbulent magnetic field. We investigate the weak-field part analysing different Probability Density Functions. We conclude that 3D multilevel approach is necessary for a reliable investigation of the solar magnetoturbulence.

This work was partially supported by INTAS grant 00–00084.

УДК 523.942

## Line formation problem and abundance determinations in the metal-poor stars: Fe I, Fe II, O I and Mg I lines

*N.G. Shchukina<sup>1</sup>, I.E. Vasiljeva<sup>1</sup>, J. Trujillo Bueno<sup>2</sup>, G. Israelian<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Main Astronomical Observatory, National Academy of Sciences, Zabolotonogo st., 27, Kyiv, 03680, Ukraine  
e-mail: shchukin@mao.kiev.ua

<sup>2</sup> Instituto de Astrofísica de Canarias, 38200, La Laguna, Tenerife, Spain  
e-mail: jtb@ll.iac.es

Поступила в редакцию 11 июня 2002 г.

We have carried out a detailed investigation of Fe I, Fe II, O I and Mg II line formation problem in one- and three – dimensional hydrodynamical models of the classical metal-poor halo subdwarf HD140283 and one-dimensional models of the extremely metal-poor giants CS 22949–037 and CS 29498–043. The self-consistent solutions of the kinetic and radiative transfer equations have been obtained using a realistic atomic models for Fe, O, and Mg. The near-UV overionization effect produces sizable Fe I opacity deficits in the granular atmospheric regions of HD140283. This NLTE effect tends to produce weaker emergent spectral lines than in LTE. However, the NLTE effects in the inter-granular regions are found to be small. We confirmed that under LTE the difference between the abundances obtained with 1D and 3D models can reach  $\sim 0.4$  dex. We found that the NLTE abundance corrections are extremely large in the 3D model ( $\sim 0.9$ ) dex and a little bit smaller in the 1D-case ( $\sim 0.6$ ) dex. If NLTE effects are fully taken into account both in the 1D and 3D models of the star HD140283 the iron abundance results to be in close agreement for both cases. We showed that NLTE effects on the oxygen abundance in the 3D model are nearly the same as in the 1D model. They does not exceed 0.2 dex. The abundance determinations using the IR O I 777 nm triplet are hardly influenced by the differences between 3D and 1D model atmospheres. We carried out NLTE abundance determinations of Fe, O, Mg for the extremely metal-poor stars CS 22949-037 and CS 29498–043 using wide ranges of the stellar parameters. We confirmed the large overabundance of Mg. We showed the existence of a systematic abundance discrepancy between the IR O I and forbidden [O I] lines in these stars without being removed by NLTE corrections. In the conclusion we discuss how important NLTE effects could be for solution of the puzzling issue of the shape and spread of the [O/Fe] – [Fe/H] relation in the metal-poor stars.

This work was partially supported by INTAS grant 00-00084.

УДК 523.98

## Secular and cycle variations of polar activity of the Sun during 1880 – 2002

*V.I. Makarov<sup>1</sup>, A.G. Tlatov<sup>1</sup>, D.K. Callebaut<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Pulkovo Astronomical Observatory, 196140 St. Peterburg. Russia

<sup>2</sup> Physics Dept., UIA, University of Antwerp. B-2610 Antwerp. Belgium

Поступила в редакцию 11 июня 2002 г.

The secular decrease of the latitude of a zone boundary between the polar and sunspot activities has been noted, (Makarov, 1994). It was shown that the annual mean latitude in the minimum activity decreases from  $53^\circ$  down to  $38^\circ$  in 1996 (Makarov et al., 2002). As a result the area of polar zones of the Sun  $Ap_z$ , occupied by unipolar magnetic field in the minimum sunspot activity, has risen by a factor two in this period. Here we draw attention on the consequences of a doubling of the area of the Sun's polar caps.

1. The correlation between the polar cap area  $Ap_z$  (or polar magnetic flux) and the sunspot areas  $S_{sp}$  (or toroidal magnetic flux) during more that 120 years from 1880 up to 2002 has been found.

2. Using the  $Ap_z$  and geomagnetic “aa” indexes, we obtained estimates for the temperature deficit of the Earth during the Maunder Minimum ( $-1.0$  K ) relative to the present time (0 K ), yielding an increase of 1.0 K. An increase of the polar cap area occupied by unipolar magnetic field (solar forcing) is correlated to the global warming besides greenhouse warming, etc.

### References

Makarov V.I. // Solar Phys. 1994. V. 150. P. 359.

Makarov V.I., Tlatov A.G., Callebaut D.K. and Obridko V.N. // Solar Phys. 2002. V. 206. P. 383.

УДК 523.982

## Quiet-Sun Inter-network Magnetic Fields Observed in the Infrared\*

*E.V. Khomenko<sup>1</sup>, M. Collados<sup>2</sup>, S.K. Solanki<sup>3</sup>, A. Lagg<sup>3</sup>, J. Trujillo Bueno<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Main Astronomical Observatory, NAS, 03680 Kyiv, Zabolotnogo str. 27, Ukraine;  
e-mail: khomenko@mao.kiev.ua

<sup>2</sup> Instituto de Astrofísica de Canarias, E-38200, La Laguna, Tenerife, Spain;  
e-mail: mcv@ll.iac.es, jtb@ll.iac.es

<sup>3</sup> Max-Planck-Institut für Aeronomie, 37191 Katlenburg-Lindau, Germany;  
e-mail: solanki@linmpi.mpg.de, lagg@linmpi.mpg.de

Поступила в редакцию 13 мая 2003 г.

We present the results of an investigation of the quiet sun's magnetic field based on high-resolution infrared spectropolarimetric observations obtained with the Tenerife Infrared Polarimeter (TIP) at the German VTT of the Observatorio del Teide.

We observed two very quiet regions at disc centre.

The seeing was exceptionally good during both observing runs, being excellent during one of them.

In both cases the network was intentionally avoided to the extent possible, to focus the analysis on the characteristics of the weak polarization signals of the inter-network regions.

Our results can be summarized as follows:

- Most of the intrinsic field strength distribution in the IN, that we are able to detect using the IR lines at  $1.56 \mu\text{m}$ , is well below kG.  
The histogram of the field strength has an exponential shape and peaks at 350 G.  
Only 4% of the profiles in our data show a direct splitting larger than 1 kG.
- A clear correlation is found between the field strength and the granulation continuum intensity and velocity, in the sense that strong fields tend to be located in intergranular lanes.
- The average filling factor occupied by these weak fields in our data is 2%.  
The magnetic fluxes are extremely low.  
In 90% of the pixels the flux is below  $1.5 \times 10^{16}$  Mx.
- Although most of the detected fields have nearly vertical orientations (around 20 degrees from the solar radius vector), a significant fraction of the magnetic field lines are considerably inclined.  
In about 25% of the pixels with significant  $Q$ ,  $U$  or  $V$  the field lines are inclined by more than  $40^\circ$ , and in about 5% by more than  $70^\circ$ .
- Line-of-sight velocities in magnetic elements vary from  $-3 \text{ km s}^{-1}$  (upflow) up to  $5 \text{ km s}^{-1}$  (downflow).  
On average, the net flow is  $550 \text{ m s}^{-1}$  (relatively to the blueshifted  $I$  profile), which is weaker than that observed for network areas.
- Most of the Stokes profiles are very asymmetric (in both amplitude and area), with both signs of the asymmetry being present.

---

\* Based on observations with the German Vacuum Tower Telescope (VTT) operated by the Kiepenheuer-Institut für Sonnenphysik at the Spanish Observatorio del Teide of the Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC)

For the Stokes  $V$  profiles positive asymmetries dominate.

The Stokes  $V$  asymmetries of weakly split profiles show a correlation with the Stokes  $V$  zero-crossing. The asymmetry changes sign from negative to positive as the zero-crossing shift changes from an upflow to a downflow.

- Profiles of similar shape form patches on scales close to the granular spatial scales. As the seeing conditions improve the size of the patches decreases, suggesting that the characteristic scale of the magnetic fields in the inter-network is smaller than our spatial resolution.

This work was partially supported by INTAS grant 00-00084.

## **Требования к оформлению рукописей.**

Журнал издается на русском языке и переводится на английский язык издательством.

Статьи должны быть оформлены в LATEX2E, в стилевом файле crao.sty.

Статьи должны быть представлены в электронном виде и в напечатанном стандартным шрифтом через два интервала с одной стороны листа. Таблицы и рисунки должны быть пронумерованы. Текст статьи должен быть тщательно отредактирован. Полный объем рукописей не должен превышать 10 страниц.

Правила оформления статей для публикации в журнале "ИЗВЕСТИЯ КРЫМСКОЙ АСТРОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ" находятся на сайте КрАО: <http://www.crao.crimea.ua>

Научное издание

**ИЗВЕСТИЯ**  
**КРЫМСКОЙ АСТРОФИЗИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ**  
Том 100

*Утверждено к печати Ученым Советом  
Крымской Астрофизической Обсерватории*

Издательская группа:  
Петрова Н.Н.  
Шаховская Н.И.

Художественное оформление обложки:  
Борис Таловеров