

КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
СЕКЦИЯ А
АСТРОФИЗИКА И ФИЗИКА СОЛНЦА

**АВТОМАТИЧЕСКОЕ ДЕТЕКТИРОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ В АТМОСФЕРЕ СОЛНЦА
С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ПОТОЧЕЧНОЙ ВЕЙВЛЕТ-ФИЛЬТАЦИИ**

С.А. Анфиногентов, Р.А. Сыч

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
anfinogentov@iszf.irk.ru

**AUTOMATED DETECTION OF OSCILLATIONS IN THE SOLAR ATMOSPHERE
BY POINT-TO-POINT WAVELET FILTRATION**

S.A. Anfinogentov, R.A. Sych

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Введение в строй космических обсерваторий SOHO, TRACE, STEREO и SDO открыло новые возможности для исследования динамических процессов в солнечной атмосфере. Традиционно поиск колебаний производится путем визуального исследования данных. Однако для анализа все возрастающих объемов данных чрезвычайно важно иметь быстрый и эффективный алгоритм поиска колебаний и определения их параметров.

В работе представлен новый метод для автоматического детектирования колебаний и волн в атмосфере Солнца, основанный на поточечной вейвлет-фильтрации (ПВФ). Процесс полностью автоматизирован и не требует участия человека. Данный алгоритм позволяет обнаруживать источники колебаний в атмосфере Солнца и определять их параметры.

Метод был протестирован на модельных данных и на реальных наблюдениях. Результаты тестирования показали, что метод достоверно обнаруживает колебания и работает достаточно быстро для обработки потока данных SDO/AIA в реальном времени.

The modern orbital solar observatories (SOHO, TRACE, STEREO and especially SDO) provide facilities for studying oscillations in solar atmosphere. Usually manual detection is used for finding oscillating areas. However this way is inefficient for very large data volume which is produced by Solar Dynamics Observatory (SDO). It is quite important to develop a fast and robust algorithm of automated oscillations detection.

We present the new approach for automated detection of oscillations and waves in solar atmosphere which is based on Pixelize Wavelet Filtration Method. Our algorithm is fully automated. It detects oscillation sources in temporal image sequences and finds out their properties. The algorithm was tested both on model data and on real observation in EUV and microwave emission. The test's result is that our method reliably detects oscillation sources almost without false detection and it is fast enough for the real time processing of the SDO/AIA data.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТНОЙ СТАБИЛЬНОСТИ ТРЕХМИНУТНЫХ КОЛЕБАНИЙ
В АТМОСФЕРЕ СОЛНЕЧНЫХ ПЯТЕН**

¹Р.А. Сыч, ¹С.А. Анфиногентов, ²В.М. Накаряков

¹ Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
² Университет Уорвика, Ковентри, Великобритания
anfinogentov@iszf.irk.ru

**INVESTIGATION INTO FREQUENCY STABILITY OF THREE-MINUTE OSCILLATIONS
IN THE SUNSPOT ATMOSPHERE**

¹R.A. Sych, ¹S.A. Anfinogentov, ²V.M. Nakaryakov

¹Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia.
²University of Warwick, Coventry, UK

Представлены наблюдения осцилляций радио- и ультрафиолетового излучения над солнечными пятнами по данным радиогелиографа Нобейма и Solar Dynamic Observatory. Мы исследовали корреляционные кривые NoRH и временные ряды изображений в крайнем ультрафиолете. Были обнаружены повторяющиеся цуги волн длительностью ~ 8–20 мин и с периодами ~ 2–4 мин. Наблюдаемые цуги нестационарны по частоте, времени и мощности. Обнаружены дрейфы частоты колебаний на протяжении цугов. С помощью вейвлет-анализа выявлены три типа дрейфов: положительный – в сторону высоких частот, отрицательный и ну-

левой. Мы провели статистические исследования дрейфов. Негативные дрейфы преобладают в микроволновом излучении. Обнаружено образование тонкоструктурных деталей в источниках колебаний во время прохождения цугов, связанных с образованием следов от распространяющихся волн. Показано, что дискретная структура спектра 3-минутных колебаний может быть объяснена как частотными дрейфами, так и наличием нескольких источников колебаний с различной частотой одновременно.

We present the observations of oscillations in microwave and EUV emission above sunspots using data obtained by the Nobeyama radioheliograph and the Solar Dynamic Observatory. We investigated the NoRH correlation curves, as well as time series of 2D images. We found significant oscillations above sunspots in the form of repetitive wave trains with duration ~8–20 min. and periods ~2–4 min. Observed trains are transient in frequency, time and power. During the development of individual trains we detected repetitive frequency drifts. Wavelet analysis showed that there are 3 types of frequency behavior: positive drifts to high frequencies, negative and no drift. We did a statistical investigation of these drifts. It is shown that negative frequency drifts dominate in microwave emission. Studying of the oscillations sources showed the appearance of the fine spatial structures as a wave traces during the development of trains. It is shown that the formation of multi-peaked structure in the Fourier spectrum may be caused by the frequency drifts and by the coexistence of multiple oscillation sources with different frequencies.

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ИСТОЧНИКОВ КОЛЕБАНИЙ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НАД СОЛНЕЧНЫМИ ПЯТНАМИ

¹С.А. Анфиногентов, ^{1,2}Р.А. Сыч, ³В.М. Накаряков

¹Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

²Национальная астрономическая обсерватория Китая (НАОК), Пекин, Китай

³Университет Уорвика, Ковентри, Великобритания
anfinogentov@iszf.irk.ru

THE SPATIAL STRUCTURE OF OSCILLATION SOURCES IN EUV EMISSION ABOVE SUNSPOTS

¹С.А. Anfinogentov, ^{2,1}R.A. Sych, ³V.M. Nakaryakov

¹Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

²National Astronomical Observatory (NAOC), Beijing, China

³University of Warwick, Coventry, UK

Представлены результаты исследования в ультрафиолетовом диапазоне источников колебаний и волн в атмосфере над солнечным пятном NOAA 1131 8 декабря 2010 г. с использованием уникальных данных Solar Dynamic Observatory (SDO). Впервые получены узкополосные изображения источников основных мод колебаний на 10 длинах волн. В докладе представлено исследование пространственной структуры источников колебаний с разными частотами в солнечных пятнах на разных уровнях солнечной атмосферы. Исследование показало уменьшение частоты колебаний в хромосфере от расстояния до центра пятна. Обнаружен эффект спиральности при распространении волновых фронтов. В короне источник колебаний состоит из вытянутых структур, ориентированных вдоль магнитного поля. В докладе предложено объяснение наблюдаемых свойств колебаний в рамках предположения о распространении медленных магнитоакустических волн вдоль жгута закрученных линий магнитного поля из подфотосферных слоев в корону.

We consider waves and oscillations over the sunspot using Solar Dynamical Observatory (SDO) data. We obtained for the first time narrowband images of the oscillation sources at ten wavelengths. We investigate the spatial structure of the oscillation sources above sunspot at different atmospheric levels and oscillation frequencies. It is shown that in the chromosphere there is a linear decrease of oscillation frequency depends on distance from the center of sunspot. The helical structure of propagating wave fronts is found. At the corona level extended elongated structure located in the penumbra area was observed and coincide with the footpoints of the magnetic field lines. We explain the observed oscillations properties in the framework of assumption that slow magnetoacoustic waves propagate along the twisted magnetic field lines from the underphotospheric levels to the corona.

ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ БЫСТРОЙ МАГНИТОЗВУКОВОЙ ВОЛНЫ ВБЛИЗИ МАГНИТНОЙ НУЛЕВОЙ ТОЧКИ

Афанасьев А.Н.

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
afa@iszf.irk.ru

PECULIARITIES OF FAST MAGNETOACOUSTIC WAVE PROPAGATION IN THE NEIGHBORHOOD OF A MAGNETIC NULL POINT

Afanasyev A.N.

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Распространение быстрых МГД волн в неоднородной среде может привести к диссипации энергии волн. Как известно, это дает существенный вклад в общий энергетический баланс солнечной короны. Предполагается, что диссипация энергии волны происходит наиболее эффективно вблизи магнитных нулевых точек. Волна захватывается нулевой точкой, а ее амплитуда значительно увеличивается как из-за уменьшения альфвеновской скорости, так и из-за сходимости волнового фронта в окрестности нулевой точки. Изначально линейная волна преобразуется в ударную волну, распространение которой всегда сопровождается диссипацией энергии.

В работе моделируется распространение быстрой магнитоакустической волны вблизи двумерной магнитной нулевой точки. Рассматривается поведение линейной, а также ударной волн в приближении нелинейной геометрической акустики. Проведен расчет амплитуды волны на основе лучевого приближения и законов затухания уединенной ударной волны.

Propagation of fast-mode MHD waves in an inhomogeneous medium can result in the wave energy dissipation, which is known to contribute into the general energy balance of the solar corona. The wave energy dissipation is believed to occur most efficiently near magnetic null points. The wave is captured by the null point and the amplitude of the wave increases considerably due to the Alfvén speed decrease as well as the wave front convergence in the neighborhood of the null point. The initial linear wave transforms into a shock wave whose propagation is always accompanied by the energy dissipation.

We model the propagation of a fast-mode MHD wave near a 2D magnetic null point. We consider the behavior both of a linear wave and shock one. For this purpose we apply the nonlinear geometrical acoustics method. We also calculate the wave amplitude, using the ray approximation and the laws of the solitary shock wave damping.

НАБЛЮДЕНИЯ ЭФФЕКТОВ, СВЯЗАННЫХ С МОЩНЫМИ РЕНТГЕНОВСКИМИ ВСПЫШКАМИ НА ВИДИМОЙ И ОБРАТНОЙ СТОРОНАХ СОЛНЦА

В.И. Выборнов, М.А. Лившиц

Институт Земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН
Институт космических Исследований РАН, Москва, Россия
likakam@gmail.com

OBSERVATIONS OF EFFECTS ASSOCIATED WITH POWERFUL X-RAY FLARES ON THE DISC AND REVERSE SIDE OF THE SUN

V.I. Vybornov, M.A. Livshits

N.V. Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Waves Propagation RAS, Moscow, Russia
Space Research Institute RAS, Moscow, Russia

Разработана методика анализа данных, получаемых прибором HEND, созданным в ИКИ РАН и функционирующим более 10 лет на околомарсианской орбите. Составлен каталог мощных событий 23 цикла, зарегистрированных в диапазоне 30 КэВ–2 МэВ. Кратко рассмотрены большие вспышки, которые не были зарегистрированы аппаратами на околоземных орбитах в жестком рентгеновском диапазоне, и представлены характеристики событий на лимбе. Получены первые результаты изучения эффектов, наблюдающихся с Земли и связанных со вспышками на обратной стороне Солнца.

The methods for analysis of data from the HEND that was created in Space Research Institute of Russian Academy of Sciences are devised. This instrument has been functioning for over 10 years on the circum-martian orbit as a part of the mission "Mars-Odyssey". The catalog of powerful events recorded in the range from 30 keV to 2 MeV in 23rd cycle was made. We briefly considered the powerful flares have not been registered by instruments on near-Earth orbits in the hard X-ray band and characteristics of the events at the limb. The first results of studying the ef-

facts observed from the Earth and associated with flares on the reverse side of the Sun are obtained.

ПЕРЕНОС ТЕПЛА В ЗАМАГНИЧЕННОЙ НЕЙТРОННОЙ ЗВЕЗДЕ

М.В. Глушихина, Г.С. Бисноватый-Коган

Институт космических исследований РАН, Москва, Россия
mg.fpfe@gmail.com

HEAT TRANSFER IN MAGNETIZED NEUTRON STAR

M.V. Glushikhina, G.S. Bisnovaty-Kogan

Space Research Institute RAS, Moscow, Russia

Наблюдения излучения нейтронных звезд позволяют получить данные не только о магнитном поле, температуре и химическом составе поверхности, но и свойствах материи при высоких плотностях внутри звезды. В сильном магнитном поле тепловой поток становится анизотропным, что приводит к неоднородному распределению температуры по поверхности нейтронной звезды. Наблюдения периодических изменений тепловой (рентгеновской) светимости вращающейся нейтронной звезды могут дать информацию как о структуре магнитного поля, так и свойствах вещества слоев, где формируется анизотропия теплового потока.

Изучение анизотропии теплового потока в нейтронной звезде проводилось многими авторами в одномерном приближении, где рассматривались потоки тепла вдоль или поперек магнитного поля. В настоящей работе выведено уравнение теплопроводности при наличии произвольного аксиально симметричного поля и точного учета тензорных свойств коэффициента теплопроводности. Рассмотрен случай полностью ионизованной релятивистской вырожденной плазмы. Это позволит применить полученное уравнение для исследования переноса тепла в плотных областях коры нейтронной звезды.

Observations on thermal emission from neutron stars can provide not only information on physical properties such as the magnetic field, temperature, and chemical composition of surface but also information on the properties of matter at higher densities deeper inside the star. There is an anisotropic heat transport in the neutron star's envelope governed by the magnetic field geometry, that produces a non-uniform surface temperature. Observation of periodic changes in thermal (X-ray) radiance of a rotating neutron stars can provide information on both the magnetic field structure and properties of the matter layers, where the anisotropy of the heat flux is formed.

Study of the anisotropy of the heat flux in a neutron star was held by many authors in the one-dimensional approximation, where a heat flows along or across a magnetic field. In this paper the heat equation is derived in the presence of an arbitrary axially symmetric field, with an accurate account of tensor properties of the thermal conductivity. We consider the case of a fully ionized relativistic degenerate plasma. The resulting equation will be applied for a study of the heat transfer in dense regions of neutron star crust.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХРОМОСФЕРНЫХ И КОРОНАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА ПО МИКРОВОЛНОВЫМ И УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫМ НАБЛЮДЕНИЯМ СОЛНЦА

Е.Ю. Голодков, Д.В. Просовецкий

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
golodkov@iszf.irk.ru

INVESTIGATION INTO CHROMOSPHERIC AND CORONAL SOURCES OF THE SOLAR WIND FROM MICROWAVE AND UV DATA

E.Yu. Golodkov, D.V. Prosovetsky

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

По спектральным наблюдениям ультрафиолетового излучения было найдено, что солнечный ветер (СВ) имеет скорость ~80–150 км/с на уровне нижней короны, а его ускорение происходит в переходной области. Для определения источников СВ было произведено сопоставление пространственного распределения скоростей плазмы (данные инструмента SUMER/SOHO) в солнечной атмосфере и изображений в микроволновом излучении (ССРТ, радиогелиограф в Нобеяме и Нанси), ультрафиолетовом и рентгеновском диапазонах (AIA/SDO, EIT/SOHO, Hinode) на спокойном Солнце и в корональных дырах. В результате были локализованы участки атмосферы Солнца, ответственные за генерацию СВ, и получены характеристики плазмы в них.

We found that the solar wind (SW) has the velocity ~80–150 km/s at low corona and its acceleration takes place in transition region according to spectral UV observation. In order to definite the sources of SW the comparison of spatial distribution of the plasma velocities in solar atmosphere (SUMER/SOHO data) and images in microwave (SSRT, NoRH, Nancey), UV (AIA/SDO, EIT/SOHO) and X-ray (Hinode) for the quiet Sun and coronal hole was

carried out. As the result, areas of solar atmosphere where the solar wind is generated were localized and its plasma characteristics were obtained.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ВОЛН РОССБИ НА СОЛНЦЕ

В.И. Мордвинов, Е.В. Девятова, В.М. Томозов

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
devyatova@iszf.irk.ru

ROSSBY WAVE PROPAGATION ON THE SUN

V.I. Mordvinov, E.V. Devyatova, V.M. Tomozov

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Приводятся результаты исследования условий распространения волн Россби в подфотосферных слоях Солнца. Источником волн Россби на Солнце могут быть неоднородности зональных течений на границах полярных вихрей. В свою очередь, волны Россби, распространяющиеся в меридиональном направлении, могут быть источниками крутильных колебаний и крупномасштабных неоднородностей в распределении магнитного поля Солнца. Эти неоднородности, накладываясь на почти осесимметричную картину магнитного поля, обусловленную действием основного динамо-механизма, порождают сложную динамическую картину солнечного цикла.

The results of the investigation of the Rossby waves propagation conditions in the subphotospheric solar layers are demonstrated. The zonal flow nonuniformities on the polar vortexes borders can be the source of the solar Rossby waves. In turn, the meridionally propagated Rossby waves can be the sources of the torsional oscillations and large-scale nonuniformities of the solar magnetic field. These nonuniformities, overlapping on the almost axisymmetric magnetic field pattern due to main dynamo-mechanism, generate complex solar cycle dynamics.

РЕНТГЕНОВСКИЕ СПЕКТРЫ И МАГНИТНЫЕ ПОЛЯ ОБ-ЗВЕЗД

В.В. Душин

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
slava.dushin@math.spbu.ru

X-RAY SPECTRA AND MAGNETIC FIELDS OF OB-STARS

V.V. Dushin

St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

В профилях линий спектров звезд ранних спектральных классов были обнаружены переменные детали («пики»), смещающиеся от центра к крыльям линии, связанные с компактными неоднородностями в атмосфере [Холтыгин и др., 2003]. Эти детали являются короткоживущими: срок их жизни составляет несколько часов и менее. Такой характер изменчивости профилей может быть интерпретирован в рамках стохастической облачной модели атмосфер [Кудряшова, Холтыгин, 2001].

Для моделирования спектров неоднородных атмосфер горячих звезд необходимо учитывать конечное время жизни неоднородностей в атмосфере.

В работе представлены результаты расчетов нестационарного заселения уровней и ионизации водородоподобных ионов в атмосферах горячих звезд.

In spectral line profiles of early-type stars were discovered variable details («spires»), which are moving from the center to the wings of the line, this details are associated with compact atmospheric inhomogeneities [Холтыгин и др., 2003]. Described details are short-living: time of their live is about few hours or less. Such type of line profile variability can be interpreted it the frame of stochastic cloud model of atmospheres [Кудряшова, Холтыгин, 2001].

In order to model inhomogeneous atmospheres we need to take into account short time of life of the inhomogeneities in atmosphere.

This work presents results of calculation of non-stationary filling and ionization of helium-like ions in atmospheres of hot stars.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОРОНАЛЬНЫХ ВЫБРОСОВ МАССЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ С ВЫСОКИМ ВРЕМЕННЫМ РАЗРЕШЕНИЕМ НОВОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА PROBA-2

Я.И. Егоров, В.Г. Файнштейн

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
diegon@ya.ru

STUDYING CORONAL MASS EJECTIONS USING HIGH-RESOLUTION DATA FROM NEW PROBA2 SPACECRAFT

Ya.I. Egorov, V.G. Fainshtein

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Показано, что новый инструмент SWAP/PROBA-2 является эффективным прибором для изучения начальной стадии движения лимбовых эруптивных структур (эруптивного протуберанца, коронального выброса массы (КВМ) и др.). С помощью SWAP/PROBA-2 исследована начальная стадия движения двух лимбовых КВМ и нескольких эруптивных протуберанцев. Двумя способами получены зависимости от времени положения фронта, скорости и ускорения этих КВМ и связанных с ними эруптивных протуберанцев. Установлено, что основное ускорение рассмотренных КВМ начинается на несколько минут раньше начала связанной с КВМ рентгеновской вспышки. Показано, что тело каждого рассмотренного КВМ имеет относительно крутой фронт, размер которого составляет несколько десятых долей радиуса Солнца и возрастает с расстоянием. Сделан вывод, что для событий 14 и 18 августа 2010 г. перед КВМ в поле зрения LASCO C3 существует, по-видимому, бесстолкновительная ударная волна. Показано, что развитие эруптивного протуберанца, не связанного с КВМ, может носить сложный характер.

It has been shown that the new SWAP/PROBA2 spacecraft is an effective device for studying the initial phase of motion of limb eruptive structures (eruptive prominence, coronal mass ejection (CME), etc.). SWAP/PROBA2 has been used to examine the initial phase of motion of two limb CMEs and several eruptive prominences. Two methods have been employed to obtain dependences of these CMEs and their associated eruptive prominences on time, position of the front, velocity and acceleration. It has been established that the main acceleration of the CMEs under study started several minutes before the CME-associated X-ray flare began. It has been shown that the body of either of these CMEs had a relatively steep front the size of which made up several tenths of the solar radius and increased with distance. It has been concluded that there must have been a collisionless shock wave in front of the 14 and 18 August 2010 CMEs in the LASCO C3 fields of view. It has been shown that the development of the CME-unrelated eruptive prominence might be complicated.

РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ СПЕКТРОПОЛЯРИМЕТРА 4–8 ГГц

Д.А. Жданов, В.Г. Занданов

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия,
zhdanov@mail.iszf.irk.ru

RESULTS OF 4–8 GHz SPECTROPOLARIMETER OBSERVATIONS

D.A. Zhdanov, V.G. Zandanov

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Мы представляем первые результаты наблюдений спектрополяриметра 4–8 ГГц, расположенного в радиоастрофизической обсерватории Института солнечно-земной физики СО РАН. Регулярные наблюдения проводятся с 1 августа 2010 г. За период с момента старта наблюдений по настоящее время было зарегистрировано множество интересных событий, включая самую мощную вспышку в новом солнечном цикле, произошедшую 15 февраля 2011 г.

Считается, что микроволновые всплески могут быть связаны с первичным энерговыделением во вспышках. Наблюдения Сибирского солнечного радиотелескопа (ССРТ) позволяют локализовать источники радиоизлучения. С помощью динамических спектров спектрополяриметра 4–8 ГГц можно оценить спектральное и временное поведение этих источников.

Данные спектрополяриметра 4–8 ГГц представляют собой количественные измерения интенсивности и поляризации в микроволновом диапазоне от 4 до 8 ГГц с высоким временным (до 10 мс) и спектральным (до 120 МГц) разрешением. Кроме того, наблюдений спектра в этом волновом диапазоне и временном интервале в мире не ведется, что делает данные уникальными.

We present the first observations results of the 4–8 GHz spectropolarimeter located in the Radioastrophysical observatory of the Institute of solar-terrestrial physics RAS SB. Regular observations is conducted since 1 August

2011 1. A large number of interesting moments were registered from first observations to present, including the strongest flare of 15 February 2011 within new solar cycle.

Microwave bursts are supposed to have relation with primary energy release in flares. With the Siberian solar radio telescope (SSRT) we can locate sources of these microwave bursts on the Sun. 4–8 GHz spectropolarimeter data are particular useful for the temporal and spectral diagnostics of microwave bursts.

4–8 GHz spectropolarimeter data are quantitative measurements of both the intensity and the polarization in microwave band from 4 GHz to 8 GHz with the high temporal resolution of up to 10 ms and the spectral resolution of up to 120 MHz. Further, this frequency and temporal range observations are not performed in the world; it does 4–8 GHz spectropolarimeter data to be unique.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАЧАЛЬНОЙ СТАДИИ ДВИЖЕНИЯ КОРОНАЛЬНЫХ ВЫБРОСОВ МАССЫ ТИПА ГАЛО

Ю.С. Загайнова, В.Г. Файнштейн

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
vikkey@iszf.irk.ru

EXAMINING THE INITIAL PHASE OF MOTION OF HALO CORONAL MASS EJECTIONS

Yu.S. Zagainova, V.G. Fainshtein

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

По данным GOES/SXI исследована начальная стадия движения шести корональных выбросов массы типа гало (ГКВМ) и прослежено движение этих ГКВМ в поле зрения SOHO/LASCO C2 и C3. Для этих ГКВМ найдены в зависимости от времени положение, скорость и ускорение их фронта, а также угловой размер и ширина фронта. Траектории движения отобранных ГКВМ в целом близки к прямолинейным. До начала поступательного движения рассмотренные ГКВМ проявляются в виде одной (5 событий) или более (1 событие) петлеобразных структур, совершающих колебательные движения со скоростью 50÷250 км/с. Все рассмотренные ГКВМ начинают свое поступательное движение до начала рентгеновской вспышки. Время основного ускорения близко ко времени нарастания интенсивности рентгеновского излучения, связанного с ГКВМ вспышки. Среднее измеренное ускорение ГКВМ близко к величине, которая получается делением максимальной скорости ГКВМ на время нарастания интенсивности рентгеновского излучения. Аргументируется утверждение, что по крайней мере три ГКВМ начинают свое движение не радиально. Не подтверждается результат [Temmer et al., 2008], согласно которому временной профиль основного ускорения ГКВМ повторяет профиль нарастания жесткого рентгеновского излучения RHESSI.

GOES/SXI data have been used to study the initial phase of motion of six halo coronal mass ejections (HCME) and to trace their motion in the SOHO/LASCO C2 and C3 fields of view. For these HCMEs we have determined the time-dependent position, velocity and acceleration of their front as well as its angular size and thickness. For the most part, the motion paths of the selected HCMEs were close to rectilinear propagation. Before starting the translational motion, these HCMEs manifested themselves as one (five events) or more (one event) looplike structures oscillating at a velocity of 50÷250 km/s. All the HCMEs began moving translationally before the onset of an X-ray flare. The time of the main acceleration is close to the time of the HCME-associated flare X-ray intensity enhancement. The estimated mean HCME acceleration is close to the quantity derived by dividing the HCME maximum velocity into the time of X-ray intensity enhancement. Arguments are brought forward that at least three of the HCMEs started moving nonradially. The result obtained by Temmer et al. (2008) is not confirmed. It implies that the time profile of the main HCME acceleration copies the RHESSI hard X-ray enhancement profile.

КАЛИБРОВКА 10-ЭЛЕМЕНТНОГО МАКЕТА МНГОВОЛНОВОГО РАДИОГЕЛИОГРАФА

Е.Ф. Иванов, С.В. Лесовой

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия.
ivanoff@iszf.irk.ru

CALIBRATION OF 10-ANTENNA PROTOTYPE OF A MULTI-WAVE RADIO HELIOGRAPH

E.F. Ivanov, S.V. Lesovoi

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

В докладе представлены результаты калибровки 10-элементного макета мнговолнового радиогелиографа. В качестве естественного калибратора использовалась Луна, яркостная температура радиоизлучения которой известна. Для повышения точности калибровки учтена зависимость яркостной температуры Луны

от ее фазы. Также для увеличения отношения сигнал/шум при калибровке использовался суммарный сигнал от всех десяти антенн макета. Результаты калибровки планируется использовать при повседневных наблюдениях Солнца макетом, а также для калибровок всего многоволнового радиогелиографа в будущем.

In this report results of 10-antenna multiwave radio heliograph prototype calibration are represented. The Moon was used as natural calibrator with known brightness temperature. To increase precision of calibration the Moon brightness temperature dependency due to its phase was calculated. Moreover for better signal to noise ratio averaged data from all ten prototype antennas was used. Calibration results meant to be used in prototype daily solar observation as well as in future calibration of whole multiwave radio heliograph.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНЗИТНЫХ ЭФФЕКТОВ
В ЭКЗОПЛАНЕТНЫХ СИСТЕМАХ TrES-2 И TrES-3**

К.И. Иванов, О.А. Гресс, Е.С. Горбовской, В.В. Крушинский

Астрономическая обсерватория Иркутского государственного университета, Иркутск, Россия
ivorypalace@gmail.com

STUDY OF TRANSIT EFFECTS IN EXOPLANET SYSTEMS TRES-2 AND TRES-3

K.I. Ivanov, O.A. Gress, E.S. Gorbovskoy, V.V. Krushinsky

Astronomical Observatory of the Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

«МАСТЕР» (мобильная астрономическая система телескопов-роботов) – единственная на территории России система автоматизированных телескопов, способная решать множество научных задач современной астрономии. Проект начал разрабатываться в 2002 г. с целью изучения космических гамма-всплесков. Сегодня «МАСТЕР» представляет собою комплексную систему автоматических наблюдательных станций, предназначенную для наблюдения оптических транзиентов различной природы – от метеоров и ИСЗ до гамма-всплесков и экзопланетных систем.

Одной из самых интересных современных задач, решаемых в рамках проекта «МАСТЕР», является наблюдение экзопланетных систем методом транзитов. чектырехсотмиллиметровые телескопы «МАСТЕР-II» дают возможность прецизионной фотометрии транзита экзопланеты по диску родительской звезды, что позволяет выявить ряд тонких эффектов, сопровождающих транзит. В докладе представляются первые результаты фотометрии транзитов экзопланет TrES-2 и TrES-3, выдвигаются предположения о возможной природе наблюдаемых транзитных эффектов.

The «MASTER» project (Mobile Astronomical System of Telescopes-Robots) is a unique in Russia the system of automatic telescopes, capable to solve set of scientific problems of modern astronomy. Founded in 2002 for space gamma-ray bursts studying, today «MASTER» is a complex system of the automatic observant stations intended for supervision optical transients of various nature, from meteors and an artificial satellite before gamma-ray bursts and exoplanet systems.

One of the most interesting and modern problems solved by the «MASTER» project is a research of exoplanet systems by the transit method. 400-millimetric telescopes «MASTER-II» makes possible a precision photometry of exoplanet transit through a disk of a parent star that allows to reveal a number of the thin effects accompanying transit. In the report the first photometry results of exoplanet transits TrES-2 and TrES-3 are represented, assumptions of the possible origin of this transit effects are put forward.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИНЕМАТИКИ КВМ В СОБЫТИИ 1 ИЮНЯ 2002 г.

С.С. Калашников

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
kalashnikov@iszf.irk.ru

DETERMINATION OF CME KINEMATICS IN THE EVENT OF 1 JUNE 2002

S.S. Kalashnikov

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Последовательно измеряя расширение особенности от центра эрупции, мы получаем зависимость расстояние–время, которую используем для оценки. Затем выбираем регулярную функцию в соответствии с зависимостью расстояние–время и оцениваем параметры выброса. Используя аналитические кривые, мы вычисляем ожидаемые точки расстояние–время, сравниваем их с результатами наблюдений и улучшаем кривую. Все кинематические кривые рассчитываются путем интегрирования или дифференцирования аналитической кривой, а не экспериментальных измерений.

Sequentially measuring the expansion characteristics of the eruption center, we get a distance-time plot and use it as an initial approximation. Then we choose a regular function to match the distance-time plot and estimate its parameters. Using the analytic fit, we calculate expected distance-time points, compare them with observations, and improve the fit. All kinematical plots are calculated by means of integration or differencing the analytic fit rather than experimental measurements.

АСИММЕТРИЯ V-ПАРАМЕТРА СТОКСА В ПРИСУТСТВИИ КОРОНАЛЬНЫХ ДЫР

А.В. Киселев, Д.Ю. Колобов, В.С. Пещеров, М.Л. Демидов, В.М. Григорьев

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
kiselev@iszf.irk.ru

ASYMMETRY OF THE STOKES V PROFILE IN THE PRESENCE OF CORONAL HOLES

A.V. Kiselev, D.Yu. Kolobov, V.S. Peshcherov, M.L. Demidov, V.M. Grigoryev

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Данная статья посвящена анализу распределения асимметрии V-профиля Стокса в зависимости от мест вероятного присутствия значительно градиента скорости и магнитного поля по лучу зрения. Целью настоящей работы является проверка гипотезы, что существует связь между местами расположения усиленной асимметрии V-профиля Стокса спектральных линий и областями формирования солнечного ветра (корональными дырами). Профили Стокса для Солнца как звезды и карты их распределения по солнечному диску получены на основе наблюдений, выполненных на СТОП (ССО). С этими данными сопоставлялись контуры корональных дыр, полученные с разных инструментов. Приводятся обсуждения полученных результатов.

This paper is devoted to an analysis of the distribution of asymmetry of the Stokes V profile depending on probable place of significant gradient velocity and magnetic fields along the line of sight. The purpose of this work is to test hypothesis about the relationship between locations with enhanced asymmetry of the Stokes V profile spectral lines and regions of formation of the solar wind (coronal holes). The Stokes profiles for Sun-as-a-star and the maps of their distribution over the solar disk obtained based on observations at the STOP(SSO). These data and contours of coronal holes derived from different instrument are compared. The discussion of obtained results are presented.

БАЗИСНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ МЕТЕОРОВ В ИРКУТСКЕ

Е.С. Комарова

Астрономическая обсерватория Иркутского государственного университета, Иркутск, Россия
eskomarik@gmail.com

BASIC OBSERVATIONS OF METEORS IN IRKUTSK

E.S. Komarova

Astronomical Observatory of the Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Проведение базисных наблюдений метеоров позволяет получить характеристики их орбитальных параметров и тем самым расширить представление о метеорных роях и о происходящих в них процессах. Односторонние наблюдения метеоров в Иркутске были начаты осенью 2008 г., вторая камера была установлена в конце мая 2011 г. Тип обеих камер LCL-903Q, у первой объектив с фокусным расстоянием 6 мм, у второй – 8 мм. Поле зрения первой камеры порядка $60 \times 50^\circ$, у второй – $40 \times 30^\circ$. Камеры работают в согласованном режиме, обе направлены в зенит, что позволяет перекрыть большую околозенитную часть неба. Базис между камерами составляет около 6 км. На таком базисе метеор с расстояния 90 км демонстрирует параллакс около 4° . Точность координатных измерений в камерах около $1/4^\circ$, поэтому параллакс измеряется с точностью не хуже 8 %, что вполне достаточно для вычисления орбиты метеора.

Carrying out of basic supervision of meteors allows to receive characteristics of their orbital parameters and by that to expand representation about meteoric streams and about processes occurring in them. Unilateral supervision of meteors in Irkutsk have been begun in the autumn of 2008, the second chamber has been established in the end of May, 2011. Both chambers LCL-903Q, at the first a lens with focal length 6 mm, at the second 8 mm. A field of vision of the first chamber of an order of $60 \times 50^\circ$, at the second $40 \times 30^\circ$. Chambers work in the coordinated mode, both are directed to zenith that allows to block big околозенитную a sky part. The basis between chambers makes about 6 km. On such basis the meteor from distance of 90 km will show a parallax about 4° . Accuracy of coordinate measurements in our chambers should be about $1/4^\circ$, therefore a parallax should be measured with accuracy not worse 8 % that is quite enough for calculation of an orbit of a meteor.

**ИССЛЕДОВАНИЕ БИМОРФНОГО ЗЕРКАЛА АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ
ДЛЯ БОЛЬШОГО СОЛНЕЧНОГО ВАКУУМНОГО ТЕЛЕСКОПА**

Е.А. Копылов, В.П. Лукин

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева, СО РАН, Томск, Россия,
evgen704@iao.ru, lukin@iao.ru

**A STUDY OF THE BIMORPH MIRROR OF ADAPTIVE SYSTEM IN
THE LARGE SOLAR VACUUM TELESCOPE**

E.A. Kopylov, V.P. Lukin,

Institute of Atmospheric Optics SB RAS, Tomsk, Russia

Разрешение солнечных наземных телескопов существенно снижает атмосферная турбулентность. Чтобы улучшить пространственное разрешение действующих телескопов, в их состав включают адаптивные оптические системы (АОС). Основные элементы АОС – это датчик волнового фронта и корректор волнового фронта. Коллективом авторов [Лукин и др., 2007] разрабатывается АОС с одним корректирующим элементом, позволяющим одновременно производить коррекцию общих наклонов волнового фронта и высших аберраций. В работе представлены результаты исследования деформируемого биморфного зеркала DM2-100-31 на световой апертуре 60 мм.

The resolution of ground bases telescopes is strongly decreased atmospheric turbulence. In order to improve their spatial resolution special adaptive optical systems are used (AOS). Important elements AOS it is the wave front sensor and the wave front correcting unit. By collective of authors [Лукин и др., 2007] it is designing AOS with one correcting element allowing simultaneously to make correction of the tip-tilt of wave front and the higher aberrations. In work results of research deformed bimorph mirrors DM2-100-31 on the light aperture 60mm are presented.

СОЛНЕЧНОЕ ПРОТОННОЕ СОБЫТИЕ 15 ИЮНЯ 1991 г.

М.В. Кравцова, В.Е. Слобнов

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
rina@iszf.irk.ru

SOLAR PROTON EVENT ON 15 JUNE 1991

M.V. Kravtsova, V.E. Sdobnov

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Используя данные мировой сети нейтронных мониторов, методом спектрографической глобальной съемки рассчитаны изменения жесткостного спектра и анизотропии космических лучей (КЛ) во время возрастания интенсивности КЛ, обусловленного событием на Солнце 15 июня 1991 г. Приведены спектры КЛ, а также фазы питч-угловой анизотропии КЛ в отдельные моменты этого события.

Using data from the worldwide network of neutron monitors, we calculated variations in cosmic ray (CR) rigidity spectrum and anisotropy with increasing CR intensity (caused by the solar flare event of 15 June 1991) by the method of spectrographic global survey. Spectra of CR and phases of the CR pitch-angle anisotropy at different moments of this event are presented.

**ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ В СОЛНЕЧНЫХ ВОЛОКНАХ
ПО НАБЛЮДЕНИЯМ В ЛИНИИ He 10830 Å**

А.С. Кустов

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
kustov@iszf.irk.ru

PERIODIC MOTIONS IN SOLAR FILAMENTS FROM OBSERVATIONS IN THE HE 10830 Å LINE

A.S. Kustov

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Представляется исследование колебаний в волокнах на высотах верхней хромосферы и переходной зоны. Временные серии получены в линии He 10830 Å в Саянской солнечной обсерватории. Основное внима-

ние уделяется колебаниям с периодами 10–40 мин, а также приводятся некоторые результаты для более коротких периодов. Анализируются периодические изменения лучевой скорости, интенсивности и ширины профиля линии.

The investigation of oscillations in filaments at upper chromosphere and transition region heights are presented. Time series were obtained using He 10830 Å line at the Sayan Solar Observatory. I focus my attention on studying intermediate period oscillations (10–40 min), but some results for short period oscillations are presented as well. Periodical variations of line-of-sight velocity, intensity and the line profile width have been analyzed.

О РАЗРЫВНЫХ ТЕЧЕНИЯХ ПЛАЗМЫ В ОКРЕСТНОСТИ ПЕРЕСОЕДИНЯЮЩИХ ТОКОВЫХ СЛОЕВ

¹Л.С. Леденцов, ²Б.В. Сомов

¹Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга, Москва, Россия

²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия
koob@mail.ru

ON DISCONTINUOUS PLASMA FLOWS IN THE VICINITY OF RECONNECTING CURRENT SHEETS

¹L.S. Ledentsov, ²B.V.Somov

¹P.K. Sternberg Astronomical Institute, Moscow, Russia

²M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Рассмотрен вопрос об интерпретации лабораторных и численных экспериментов по магнитному пересоединению в солнечных вспышках. В рамках классической постановки задачи о разрывных МГД-течениях установлено соответствие между стандартной классификацией МГД-разрывов и параметрами, характеризующими величину потока массы через разрыв и конфигурацию магнитного поля. Также найдено представление зависимости между углами вектора магнитного поля относительно нормали к плоскости разрыва по обе ее стороны. Получены условия эволюционных переходов между различными типами разрывов при постепенном изменении характеристик плазмы. Результат применен к аналитическому решению задачи о структуре магнитного поля в окрестности пересоединяющего токового слоя, полученному ранее Безродных, Власовым, Сомовым. Показано, что вблизи торцов токового слоя (при наличии в нем обратных токов) появляются области неэволюционных ударных волн.

The question about the interpretation of laboratory and numerical experiments on magnetic reconnection in solar flares is considered. A correspondence between the standard classification of MHD discontinuities and the parameters characterizing the mass flux through a discontinuity and the magnetic field configuration has been established within a classical formulation of the problem on discontinuous MHD flows. A relationship between the angles of the magnetic field vector relative to the normal to the discontinuity plane on both its sides has also been found. Conditions of evolutionary transitions between different types of discontinuities by gradual changing of plasma's parameters are obtained. The result is applied to the analytical solution of the problem on the magnetic field structure in the vicinity of a reconnecting current sheet obtained previously (Bezrodnykh, Vlasov, Somov). The regions of nonevolutionary shocks are shown to appear near the endpoints of a current sheet with reverse currents.

СОЛНЕЧНЫЙ СПЕКТРОПОЛЯРИМЕТР ДИАПАЗОНА 2–8 ГГц

А.А. Муратов

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
mutolya@mail.ru

2–8 GHz SOLAR SPECTROPOLARIMETER

А.А. Muratov

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Приводится описание нового радиоспектрополяриметра, осуществляющего наблюдения излучения в обеих круговых поляризациях в диапазоне 2–8 ГГц. Антенной спектрополяриметра служит параболическая антенна диаметром 1.8 м, в фокусе которой установлен облучатель с возможностью одновременного приема обеих поляризаций. Передача СВЧ-сигнала осуществляется с помощью оптической линии связи. Радиометр собран по корреляционной схеме. Основа спектрополяриметра – коррелятор задержек, работающий в полосе до 200 МГц, реализованный на базе оценочной платы Altera DK-DEV-4SGX230N Stratix IV GX. Спектрополяриметр находится в режиме наблюдений.

There is a description of the new radiospectropolarimeter, performing observations in both circular polarizations in the range of 2–8 GHz. Spectropolarimeter antenna is a parabolic antenna with diameter of 1.8 meters, feed installed in the focus of this antenna has a possibility of simultaneous reception of both polarizations. Transmission of microwave signals is provided by optical transmission line. Radiometer performed as a correlation scheme. The basis of the spectropolarimeter is autocorrelator with bandwidth of up to 200 MHz, implemented on the base of the evaluation board Altera DK-DEV-4SGX230N Stratix IV GX. Spectropolarimeter performs observations.

**ОРГАНИЗАЦИЯ ШИНЫ ВВОДА/ВЫВОДА ДАННЫХ ДЛЯ КОРРЕЛЯТОРА
МНОГОВОЛНОВОГО РАДИОГЕЛИОГРАФА И ИХ ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ**

Н.О. Муратова

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
munatali777@list.ru

**CREATION OF THE I/O DATA BUS FOR CORRELATOR OF THE MULTI-WAVE
RADIOHELIOGRAPH AND SUBSEQUENT PROCESSING OF THESE DATA**

N.O. Muratova

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Предлагается оптимизированный вариант коррелятора для модернизированного ССРТ (Сибирского солнечного радиотелескопа). Была поставлена непростая задача – создать более экономичный, нежели предыдущие, вариант коррелятора и шины данных, не упрощая при этом его функций. В качестве протокола передачи данных решено использовать Basic, осуществляемый скоростными приемопередатчиками ПЛИС, и не применять более сложные протоколы, такие, например, как Ethernet или PCI Express, что позволит увеличить пропускную способность канала и упразднить ненужные функции данных протоколов.

Изменение концепции работы коррелятора и шины данных привело к усложнению прошивки ПЛИС и повышению частоты обработки данных, благодаря этому удалось добиться положительных результатов, среди которых такие, как экономичность – вместо ПЛИС Stratix4GX будет использоваться ПЛИС Arria2GX (стоимость Stratix4GX 9000–12 000 \$, Arria2GX – 3000 \$), сокращение числа используемых кабелей и разъемов PCI Express как минимум в два раза, возможность реализации коррелятора на одной плате и др.

Optimized version of the correlator for upgraded SSRT (the Siberian Solar Radiotelescope) is suggested. It is difficult task to create lower cost correlator and data bus without constraints of their functionality. High-speed FPGA transceivers will provide Basic protocol for the data transmission, but more complex protocols, such as Ethernet or PCI Express, won't be used, consequently channel throughput will be improved and there won't be any unnecessary protocol functions.

Change in correlator and data bus work basics was resulted in complication of the FPGA firmware and growth of clock frequency, but thanks to it, positive effects were reached, such as: lower cost of the correlator – FPGA Arria2GX will be used instead of FPGA Stratix4GX (single Stratix4GX costs 9000–12 000 \$, Arria2GX – 3000 \$) in the circuitry, decrease of the number of PCI Express cables and connectors at least twice, a possibility of single-board realization of the correlator and etc.

**РЕЛЯТИВИСТСКОЕ КИНЕТИЧЕСКОЕ УРАВНЕНИЕ ДЛЯ ПОЛЯРИЗОВАННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ,
УЧАСТВУЮЩЕГО В КОМПТОНОВСКОМ РАССЕЙАНИИ НА ЭЛЕКТРОНАХ
В СИЛЬНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ**

¹А.А. Муштуков, ²Д.И. Нагирнер

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

²Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, Санкт-Петербург, Россия
al.mushtukov@gmail.com

**RELATIVISTIC KINETIC EQUATION FOR COMPTON SCATTERING OF POLARIZED
RADIATION IN STRONG MAGNETIC FIELD**

¹A.A. Mushtukov, ²D.I. Nagirner

¹Saint Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

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

В работе выведено кинетическое уравнение для излучения, участвующего в комптоновском рассеянии на электронах в сильном магнитном поле. Учитываются поляризация излучения и обменные взаимодействия (принцип запрета Паули для электронов и возможность вынужденного рассеяния для фотонов). Получены

формы кинетического уравнения для более частных случаев. Полученные результаты могут быть полезны для построения численных моделей переноса излучения в атмосферах нейтронных звезд.

Relativistic kinetic equation for Compton scattering of polarized radiation in strong magnetic field is deduced using the Bogolyubov method. Induced scattering and Pauli principle are taken into account. Polarization of the electron gas is taken into account too in the general form of the kinetic equation. Special forms of the equation for the cases of non-polarized electrons, rarefied electron gas and 2-modes distribution of radiation are found. The equations can be useful for construction of models of atmospheres and magnetospheres of neutron stars.

К ВОПРОСУ О РЕКОНСТРУКЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СПЕКТРОВ УСКОРЕННЫХ ВО ВРЕМЯ СОЛНЕЧНЫХ ВСПЫШЕК ЭЛЕКТРОНОВ

¹Г.Г. Нахатова, ²И.В. Кудрявцев

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

²Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, Санкт-Петербург, Россия

galinanakhatova@yandex.ru

ON RECONSTRUCTION OF ENERGY SPECTRA OF THE ELECTRONS ACCELERATED DURING SOLAR FLARES

¹G.G. Nakhatova, ²I.V. Kudryavtsev

¹Central Astronomical Observatory of the Russian Academy of Sciences at Pulkovo, St. Petersburg, Russia

²A.F. Ioffe Physical-Technical Institute, Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

Жесткое рентгеновское излучение солнечных вспышек, как известно, является тормозным излучением высокоэнергетических электронов, которое генерируется в солнечной плазме, и формы спектров этого излучения определяются функцией распределения быстрых электронов. В связи с этим встает задача определения энергетических распределений электронов, которые должны дать указания относительно механизмов ускорения заряженных частиц во время солнечных вспышек. В докладе рассматривается метод восстановления энергетического распределения электронов на основе измеренных спектров рентгеновского излучения. С помощью различных примеров показано, что рассмотренный метод обладает хорошей точностью и позволяет находить энергетические спектры ускоренных во время вспышек электронов.

Hard X-rays from solar flares, as is known, is the bremsstrahlung of high-energy electrons, which is generated in the solar plasma, and forms of spectra of the radiation are determined by the distribution function of fast electrons. In this connection there is the problem of determining the energy distribution of electrons, which should provide guidance on mechanisms for accelerating charged particles during solar flares. The report examines the method of recovery of the energy distribution of electrons from the measured spectra of hard X-rays. On the basis of various examples shown that the considered method has good accuracy and allows to find the energy spectra of accelerated electrons during flares.

ОЦЕНКА ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ РОЛИ МЕХАНИЗМА БЭБКОКА–ЛЕЙТОНА В ГЕНЕРАЦИЮ ПОЛОИДАЛЬНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ СОЛНЦА

С.В. Олемской, Л.Л. Кичатинов

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

osv@iszf.irk.ru

ESTIMATING ROLE OF THE BABCOCK-LEIGHTON MECHANISM TO GENERATION OF THE POLOIDAL MAGNETIC FIELD OF THE SUN WITH OBSERVATIONAL DATA

S.V. Olemskoy, L.L. Kitchatinov

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Теория динамо объясняет магнитную активность Солнца действием двух основных эффектов: генерацией тороидального поля из полоидального дифференциальным вращением (омега-эффект) и обратным преобразованием тороидального поля в полоидальное мелкомасштабными циклоническими движениями (альфа-эффект). Основанный на этих двух эффектах механизм генерации магнитного поля получил название альфа-омега-динамо. Относительно простой омега-эффект хорошо изучен, и его присутствие на Солнце подтверждается наблюдениями. Дифференциальное вращение мало меняется во времени, не содержит мелкомасштабных неоднородностей, и в этом смысле омега-эффект является регулярным. Совершенно иная ситуация сложилась с альфа-эффектом. Известно несколько причин возникновения такого эффекта. Он может появляться из-за неоднородности плотности в турбулентной вращающейся среде, а также из-за неодно-

родности интенсивности турбулентности. К его возникновению могут приводить магнитострофические волны в основании конвективной зоны Солнца. Наконец, механизм Бэбкока–Лейтона генерации полоидального магнитного поля также является разновидностью альфа-эффекта. В отличие от других разновидностей альфа-эффекта, он не подвержен катастрофическому подавлению из-за сохранения магнитной спиральности. Поэтому вполне очевидно, что механизм Бэбкока–Лейтона является доминирующим в генерации полоидального поля Солнца.

По данным наблюдений солнечных пятен для трех солнечных циклов проведена оценка вклада механизма Бэбкока–Лейтона в генерацию полоидального магнитного поля Солнца. Сравнение полученных величин со значениями A -индекса крупномасштабного поля показывает высокую корреляционную связь.

The theory of a dynamo explains magnetic activity of the Sun by action of two main effects: generation of a toroidal field from poloidal field differential rotation (omega-effect) and return transformation of a toroidal field in poloidal field small-scale cyclonic flows (alpha-effect). The mechanism of generation of a magnetic field based on these two effects has received the name an alpha-omega-dynamo. Concerning simple omega-effect it is well investigated also its presence on the Sun proves to be true supervision. Differential rotation varies in time a little, does not contain small-scale heterogeneity and in this sense the omega-effect is regular. Absolutely other situation has developed with an alpha-effect. Some reasons for occurrence of such effect are known. It can appear because of heterogeneity of density in the turbulent rotating environment, and also because of heterogeneity of intensity of turbulence. In its occurrence can result magnetostrophic waves in the basis convective zones of the Sun. At last, Babcock-Leighton mechanism of generation a poloidal magnetic field also is a version an alpha-effect. Unlike other versions an alpha-effect, it is not subject to catastrophic suppression because of preservation magnetic helicity. Therefore it is quite obvious, that Babcock-Leighton mechanism is dominating in generation poloidal fields on the Sun.

Using observed sunspot data for three solar cycles the estimation of the contribution of mechanism's Babcock-Leighton is lead to generation a poloidal magnetic field of the Sun. Comparison of the received sizes with values A -index a large-scale field shows high relationship.

МОДЕЛЬ СОЛНЕЧНОГО ДИНАМО С НЕЛОКАЛЬНЫМ АЛЬФА-ЭФФЕКТОМ

Л.Л. Кичатинов, С.В. Олемской

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
osv@iszf.irk.ru

SOLAR DYNAMO MODEL WITH NONLOCAL ALPHA-EFFECT

L.L. Kitchatinov, S.V. Olemskoy

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Приводятся результаты, полученные с помощью динамо-модели генерации крупномасштабных магнитных полей Солнца, в которой учитываются диамагнитный эффект неоднородной турбулентности и нелокальный альфа-эффект, возникающий при всплывании магнитных петель. Нелокальный альфа-эффект не подвержен катастрофическому подавлению, связанному с сохранением магнитной спиральности. Магнитные поля концентрируются (с учетом диамагнитного переноса) вблизи основания конвективной оболочки, несмотря на то, что область моделирования охватывает всю толщину зоны конвекции. Период магнитного цикла, характер экваториальной симметрии поля, его меридиональный дрейф и соотношение амплитуд полярного и тороидального полей, полученные по модели, согласуются с наблюдениями. Имеются также определенные несоответствия наблюдениям, указывающие пути совершенствования модели.

The first results of the solar dynamo model that allows for the diamagnetic effect of inhomogeneous turbulence and the nonlocal alpha-effect due to the rise of magnetic loops are discussed. The nonlocal alpha-effect is not subject to the catastrophic quenching related to the conservation of magnetic helicity. Given the diamagnetic pumping, the magnetic fields are concentrated near the base of the convection zone, although the distributed-type model covers the entire thickness of the convection zone. The magnetic cycle period, the equatorial symmetry of the field, its meridional drift, and the polar-to-toroidal field ratio obtained in the model are in agreement with observations. There is also some disagreement with observations pointing the ways of improving the model.

СПЕКТРЫ И ЗЕНИТНО-УГЛОВЫЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ АТМОСФЕРНЫХ НЕЙТРИНО ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

¹О.Н. Петрова, ²Т.С. Синеговская, ¹С.И. Синеговский

¹Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

²Иркутский государственный университет путей сообщения, Иркутск, Россия

HIGH-ENERGY SPECTRUM AND ZENITH-ANGLE DISTRIBUTION OF ATMOSPHERIC NEUTRINOS

¹O.N. Petrova, ²T.S. Sinegovskaya, ¹S.I. Sinegovsky

¹Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

²Irkutsk State Railway University, Irkutsk, Russia

Нейтрино высоких энергий рождаются в распадах мезонов, генерируемых в соударениях космических лучей с ядрами атомов атмосферы Земли, образуя неустранимый фон при решении задачи детектирования нейтрино от астрофизических источников, расположенных в Галактике или за ее пределами. Исследование атмосферных нейтрино представляет также интерес и относительно к вычислению фона, поскольку сопоставление данных эксперимента с результатами расчета энергетического спектра и угловых распределений нейтрино может служить проверкой высокоэнергетических моделей адронных взаимодействий. В работе представлен расчет энергетических спектров атмосферных нейтрино, мюонных и электронных, и зенитно-угловой зависимости их потоков, выполненный для известных моделей адрон-ядерных взаимодействий (SIBYLL2.1, QGSJET-II, модель Кимеля–Мохова) и двух параметризаций первичного спектра. Сравнение усредненных по углу спектров мюонных нейтрино с результатами (данными измерений) экспериментов IceCube, AMANDA-II и Frejus показывает, что даже в области энергий выше 100 ТэВ выделить вклад нейтрино от распада очарованных частиц непросто, поскольку здесь на неопределенности сечения рождения чарма накладываются неопределенности сечений рождения каонов. Представлены формулы, параметризующие численный расчет.

High-energy neutrinos, arising from decays of mesons that were produced through the cosmic rays collisions with air nuclei, form unavoidable background in the astrophysical neutrino detection problem. Furthermore, the AN studies are of interest as the way to test the high-energy hadronic models. In the work presented is the calculation of the neutrino spectra and zenith-angle dependence, performed by means of the method with usage of known hadronic models (SIBYLL2.1, QGSJET-II, Kimel & Mokhov) for two of the primary spectrum parameterization. The comparison of the angle-averaged spectrum with experiment data – IceCube, AMANDA-II and Frejus, make it clear that even at energies above 100 TeV the prompt neutrino contribution is not so evident because of tangled uncertainties of kaon and charm particle production cross sections. An analytic description of the calculated neutrino fluxes is presented.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ПО ДАННЫМ SOHO/MDI В ОБЛАСТИ ГЕНЕРАЦИИ КОРОНАЛЬНЫХ ВЫБРОСОВ МАССЫ ТИПА ГАЛО И СВЯЗАННЫХ С НИМИ ВСПЫШЕК

Т.Е. Попова, В.Г. Файнштейн, Л.К. Кашапова

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
vfain@iszf.irk.ru

STUDYING THE MAGNETIC FIELD DYNAMICS FROM SOHO/MDI DATA IN THE GENERATION REGION OF HALO CORONAL MASS EJECTIONS AND THEIR ASSOCIATED FLARES

T.E. Popova, V.G. Fainshtein, L.K. Kashapova

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

По данным SOHO/MDI исследованы вариации магнитного поля в области генерации 20 самых быстрых (скорость $V > 1500$ км/с) и 20 медленных ($V < 650$ км/с) корональных выбросов массы типа гало (ГКВМ) и связанных с ними вспышек. Показано, что для 80 % быстрых и 72 % медленных ГКВМ началу связанных с ними вспышек в течение 0.3–2.5 сут предшествует немонотонный рост $\langle B_l \rangle$ и $\langle |B_l| \rangle$. Здесь B_l – измеряемая по лучу зрения компонента магнитного поля, скобки $\langle \rangle$ означают усреднение поля в пределах площадки с центром в центре вспышки. Установлено, что вспышка в большинстве событий с быстрыми ГКВМ происходит, когда $\langle B_l \rangle > 140$ Гс, а $\langle |B_l| \rangle > 170$ Гс (при средних по событиям значениях этих величин 487 Гс и 617 Гс). Для медленных ГКВМ эти значения составляют 60 Гс и 40 Гс (171 Гс и 322 Гс). Анализ девяти событий с быстрыми ГКВМ, для которых имелись магнитограммы, полученные с одноминутным временным интервалом, показал, что в области вспышки начало вспышки сопровождается либо импульсным изменением, либо ступенчатым уменьшением, либо и тем и другим изменением $\langle B_l \rangle$ и $\langle |B_l| \rangle$ с длительностью, близкой времени нарастания интенсивности мягкого рентгеновского излучения.

SOHO/MDI data have been used to examine magnetic field variations in the region of generation of 20 fastest ($V > 1500$ km/s) and 20 slow ($V < 650$ km/s) halo coronal mass ejections (HCME) and their related flares. It has been shown that in 80 % of fast and 72 % of slow HCME $\langle B_l \rangle$ and $\langle |B_l| \rangle$ increase non-monotonically for 0.3–2.5 days before the HCME-associated flares commence. Here B_l is the magnetic field component measured along the line of sight; brackets $\langle \rangle$ mean the averaging of the field within an area centred at the flare centre. It has been established that flares in most fast HCME occur when $\langle B_l \rangle > 140$ G; $\langle |B_l| \rangle > 170$ G (given average event values of 487 and 617 G). For slow HCME these values are 60 and 40 G (171 and 322 G). The analysis of nine events with fast HCME, for which there were data with one-minute interval between magnetograms, has revealed that in the flare area the flare commencement is accompanied with a pulse change or a step decrease, or with both of these changes in $\langle B_l \rangle$ and $\langle |B_l| \rangle$ with the duration close to the time of soft X-ray intensity enhancement.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЯЮЩИХСЯ КОЛЕБАНИЙ В СОЛНЕЧНЫХ ФАКЕЛАХ В ЛИНИИ $H\alpha$ 6563 Å

В.А. Пуляев, Н.И. Кобанов, С.А. Чупин, А.С. Кустов

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия,
vasiliy_p@iszf.irk.ru

STUDY OF PROPAGATING OSCILLATIONS IN SOLAR FACULAE IN THE $H\alpha$ LINE AT 6563 Å

V.A. Pulyaev, N.I. Kobanov, S.A. Chupin, A.S. Kustov

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Мы исследовали поведение лучевой скорости в паре спектральных линий $H\alpha$ 6563 Å и FeI 6569 Å в факельных областях. Цель этого исследования – выявление распространяющихся вверх колебаний. Были выявлены случаи распространения колебаний пятиминутного диапазона как из фотосферы в хромосферу, так и наоборот, в различных частях одного факела. На этом основании мы можем сделать вывод, что часть энергии возвращается в фотосферу. Обнаружено, что спектральный состав колебаний различается для разных частей факела. Также следует отметить, что роль более низкочастотных колебаний из диапазона 0.5–2 мГц в передаче энергии из нижних слоев солнечной атмосферы в верхние может быть более значительна.

We investigated behavior of the line-of-sight velocity in a pair of spectral lines H-alpha 6563 Å & FeI 6569 Å in faculae regions. The purpose of the investigation was to identify upward propagating oscillations. We observed both upwards and downwards traveling waves with five-minute period in different parts of faculae. On this basis it is possible to conclude that part of the energy returns to the photosphere. We found, that power spectra of LOS-velocity are different for various parts of faculae region. Also we noted the role of low-frequency oscillations (0.5–2 mHz) in the upward energy transport could be more significant.

ГЕНЕРАЦИЯ ВОЛНОВОГО ПОТОКА НА ФОТОСФЕРНОМ УРОВНЕ В ЭПОХУ МИНИМУМА АКТИВНОСТИ ЦИКЛА

¹В.Г. Еселевич, ¹М.В. Еселевич, ²Н.В. Кучеров, ²В.А. Романов, ²Д.В. Романов,
³К.В. Романов, ²И.В. Семенов

¹Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

²Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева, Красноярск, Россия

³Красноярский институт железнодорожного транспорта, Красноярск, Россия
d-v-romanov@ya.ru

GENERATION OF ACOUSTIC WAVES AT THE PHOTOSPHERIC LEVEL DURING SOLAR CYCLE MINIMUM

¹V.G. Eselevich, ¹M.V. Eselevich, ²N.V. Kucherov, ²V.A. Romanov, ²D.V. Romanov,
³K.V. Romanov, ²I.V. Semeonov

¹Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

²V.P. Astafiev Krasnoyarsk State Pedagogical University, Krasnoyarsk, Russia

³Krasnoyarsk Institute of Railway Transport, Krasnoyarsk, Russia

В приближении недиссипативной магнитной газодинамики исследуется процесс нелинейных колебаний тонкой магнитной трубки в конвективной зоне Солнца. Для младших ($m \leq 5$) крупномасштабных гармоник расчетным путем установлены следующие закономерности:

1. Глубины достижения максимальной скорости подъема магнитной трубки V_{\max} (км/с) располагаются ниже фотосферного уровня и практически не зависят от волнового числа m и напряженности магнитного поля H трубки на глубине потери устойчивости.

2. Глубина потери устойчивости для младших гармоник ($m \leq 5$) не зависит от волнового числа m и напряженности магнитного поля H трубки и расположена на дне конвективной зоны. На всех стадиях подъема скорости магнитной трубки существенно ниже звуковых.

Subject of this paper is a transport of strong magnetic field from the generation point to the atmosphere of the Sun and generation of acoustic waves caused by tube moved with high speed. Field is treated as magnetic tube immersed into field-free plasma, and studied using ideal magnetohydrodynamical approximation. The dynamic of tube is analyzed by studying nonlinear stage of oscillations of thin magnetic tube located in convective zone of the Sun. Following results about large scale modes ($m \leq 5$) of oscillations were obtained numerically:

1. Depths where vertical speed of tube (measured in km/sec) is the highest are located below the photosphere and practically do not depend on wave number and initial strength of magnetic field H .

2. All lower modes with wave number $m < 5$ are unstable in wide region aligned to the bottom of convective zone for any magnetic field strength, so the bottom can be hinted as the depth of initial stability loss. Speed of magnetic field remains strongly subsonic during the entire rising.

К ВОПРОСУ О ЛОКАЛИЗАЦИИ МЕСТ ГЕНЕРАЦИИ КОРОНАЛЬНЫХ ВЫБРОСОВ МАССЫ НА СОЛНЦЕ

¹М.Ю. Савинкин, ^{1,2}С.А. Язев

¹Астрономическая обсерватория Иркутского государственного университета, Иркутск, Россия

^{1,2}Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

syazev@gmail.com

ON LOCALIZATION OF GENERATION OF CORONAL MASS EJECTIONS ON THE SUN

¹M.Yu. Savinkin, ^{1,2}S.A. Yazev

¹Astronomical Observatory of the Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

^{1,2}Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Предложена методика локализации мест генерации корональных выбросов массы (КВМ) на базе авторской компьютерной программы «Солнцеворот». Методика, основанная на продолжении направления движения КВМ до пересечения с возможной областью генерации на видимом или обратном полушарии Солнца, применена к данным о 300 КВМ, наблюдавшихся коронографами SOHO в течение октября 2006 г. – февраля 2007 г. Предложенная методика позволила связать более 90 % анализируемых КВМ с активными областями на разных фазах развития, включая факельную (беспятенную) стадию. Приведены распределения, позволяющие оценить «зону влияния» активных областей в пространстве и во времени, где могут возникать КВМ.

We propose a method for localization of generation of coronal mass ejections (CME) with the aid of the author's computer program Solstice. This method relies on the continuation of CME motion in the intended direction until they intersect a possible region of generation on visible or far sides of the Sun. It has been applied to data on 300 CME observed by SOHO coronagraphs from October 2006 to February 2007. This method enabled us to relate over 90 % of CME under study to active regions at different phases of development, including the facular (spotless) one. We present distributions which allow us to estimate the zone of influence of active regions in space and time, where CME may appear.

**ГЕНЕРАЦИЯ СИЛЬНЫХ УДАРНЫХ ВОЛН ИЗ ПОДФОТОСФЕРНОГО УРОВНЯ
И ВЫБРОС МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ В СОЛНЕЧНУЮ АТМОСФЕРУ
В ЭПОХУ МАКСИМУМА АКТИВНОСТИ ЦИКЛА**

**¹В.Г. Еселевич, ¹М.В. Еселевич, ²Н.В. Кучеров, ²В.А. Романов, ²Д.В. Романов,
³К.В. Романов, ²И.В. Семенов**

¹Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

²Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева, Красноярск, Россия,

³Красноярский институт железнодорожного транспорта, Красноярск, Россия
samvs@ya.ru

**GENERATION OF STRONG SHOCK WAVES IN THE SUBPHOTOSPHERE AND EJECTION
OF MAGNETIC FIELDS INTO THE SOLAR ATMOSPHERE DURING SOLAR CYCLE MAXIMUM**

**¹V.G. Eselevich, ¹M.V. Eselevich, ²N.V. Kucherov, ²V.A. Romanov,
²D.V. Romanov, ³K.V. Romanov, ²I.V. Semeonov**

¹Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

²V.P. Astafiev Krasnoyarsk State Pedagogical University, Krasnoyarsk, Russia

³Krasnoyarsk Institute of Railway Transport, Krasnoyarsk, Russia

Методом численного моделирования исследуется процесс нелинейных колебаний магнитной трубки для гармоник с волновым числом $m \geq 8$. Проведено сравнение с колебаниями младших гармоник ($m < 5$), и обнаружены следующие закономерности:

1. Глубины потери устойчивости трубки с ростом волнового числа m приближаются к фотосферному уровню. Для старших гармоник ($m \geq 16$) глубины потери устойчивости порядка $4 \cdot 10^4$ км от фотосферного уровня и, как и для случая младших гармоник ($m < 5$), практически не зависят от напряженности магнитного поля H трубки.

2. Реализуются выбросы сильных магнитных полей непосредственно в солнечную атмосферу со сверхзвуковыми скоростями. Данное обстоятельство позволяет понять механизм реализации корональных транзиентов.

This paper continues work which studies transport of strong magnetic field from the point of generation to the atmosphere of the Sun together with generation of acoustic waves by moving tube. Field is described using ideal magnetohydrodynamical approximation as magnetic tube immersed into field-free plasma. This paper focuses on nonlinear oscillations of magnetic tubes which are studied numerically for wave number $m \geq 8$. Compared to lower modes ($m < 5$), these modes are different in few ways:

1. Depth of stability loss shifts closer to photosphere as wave number grows. For higher modes $m \geq 16$ the depth where equilibrium becomes unstable is $4 \cdot 10^4$ km down the photosphere and, similar for the lower modes $m < 5$, almost insensitive to the initial strength of magnetic field H .

2. Magnetic field itself enters the atmosphere with supersonic speeds. This circumstance offers partial explanation of nature of several coronal mass ejections.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ И УСКОРИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ
В СОЛНЕЧНЫХ ВСПЫШКАХ**

Т.С. Сизых

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

sizykht@gmail.com

STUDY OF THERMAL AND ACCELERATION PROCESSES IN SOLAR FLARES

T.S. Sizykh

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

В настоящее время известно, что температура и плотность вспышечной плазмы, а также и спектральный индекс и поток электронов являются важными характеристиками процессов выделения и переноса энергии в солнечных вспышках. Кроме традиционного изучения изменений этих параметров во времени, можно также использовать взаимные зависимости. Хорошо известны диаграмма зависимости меры эмиссии (плотности) от температуры, которая используется для описания процессов нагрева и охлаждения вспышечной плазмы, а также диаграмма зависимости спектрального индекса от потока, используемая для изучения процессов ускорения во время импульсной фазы вспышки. Мы применили оба этих подхода для выявления характерных особенностей вспышек, сопровождавшихся выбросом корональной массы. Проводится сравнение результатов, полученных для нескольких вспышек, с известными теоретическими моделями нестационарных процессов на Солнце.

At the present time it is well known that plasma temperature, density of flare plasma, spectral index and electron flux are important characteristics of energy transport and release processes in solar flares. The diagrams constructed of these parameters could be used besides traditional methods of studying their evolution. Dependence of emission measure (density) on temperature is very popular for studying of heating and cooling processes in flaring plasma. A dependence of spectral index on photon flux is often used to analyze acceleration processes in solar flares during the impulsive phase. We apply both these methods to reveal characteristics of flares followed by CMEs events. We carried out comparison of the results obtained for a several of flares with known models of solar non-stationary processes.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЛИННОПЕРИОДИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ НАД СОЛНЕЧНЫМИ ПЯТНАМИ В МИЛЛИМЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ

¹В.В. Смирнова, ²В.С. Рыжов, ²А.В. Жильцов, ³А. RiehoKainen, ^{3,4}J. Kallunki

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

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

³Университет Турку, Финляндия

⁴Университет Аалто, Радиобсерватория Метсахови, Финляндия

vvsvd@rambler.ru, v_ryzhov@mail.ru, zhilcovave8@mail.ru, alerie@utu.fi, kallunki@kurp.hut.fi

INVESTIGATION INTO LONG-PERIOD OSCILLATIONS IN THE MILLIMETER EMISSION ABOVE SUNSPOTS

¹V.V. Smirnova, ²V.S. Ryzhov, ²A.V. Zhiltsov, ³A. RiehoKainen, ^{3,4}J. Kallunki

¹St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

²Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

³University of Turku, Finland

⁴Aalto University, Metsähovi Radio Observatory, Finland

Проанализированы данные наблюдений активных областей над пятнами в отсутствие вспышек на частотах 93 и 37 ГГц на радиотелескопах РТ-7.5 МГТУ им. Н.Э. Баумана и РТ-14 Метсахови. В результате обработки полученных треков путем вейвлет-преобразования были обнаружены квазипериодические колебания с периодами 10–60 и 80–120 мин. Была предложена предварительная интерпретация длинных периодов колебаний в рамках модели «мелкого пятна».

We analyzed millimeter data above sunspots without the flare activity at frequencies of 37 and 93 GHz at radio-telescopes RT-7.5 BMSTU and RT-14 Metsahovi observatory. Quasi-periodic oscillations with periods about 10–60 and 80–120 minutes were found by the use of the wavelet analysis. The preliminary interpretation was suggested within the “shallow sunspot” model.

ТЕПЛОВАЯ И НЕТЕПЛОВАЯ КОМПОНЕНТЫ МИЛЛИМЕТРОВЫХ СОЛНЕЧНЫХ ВСПЛЕСКОВ

В.В. Смирнова, В.Г. Нагнибеда

Научно-исследовательский астрономический институт им. В.В. Соболева
Санкт-Петербургского государственного университета, Санкт-Петербург, Россия
vvsvd@rambler.ru, vnag@VN1014.spb.edu

THERMAL AND NON-THERMAL COMPONENTS OF MILLIMETER SOLAR BURSTS

V.V. Smirnova, V.G. Nagnibeda

St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

Проанализирован ряд вспышечных событий различных классов в миллиметровом диапазоне (35 ГГц) по данным радиогелиографа и радиополяриметра Nobeyama. Полученные мгновенные и динамические спектры для некоторых радиовсплесков показали несоответствие спектральных кривых теоретической модели. С использованием данных GOES (1–8 А) временной профиль миллиметрового всплеска был разделен на тепловую подложку и импульсную (нетепловую) составляющие, что дало возможность оценить вклад тепловой компоненты в наблюдаемый поток радиоизлучения на разных этапах всплеска и частично интерпретировать некоторые особенности спектральных кривых.

We analyzed some flare events at the millimeter range (35GHz) used Nobeyama radio heliograph and radio polarimeter data. Instantaneous and dynamic spectra were obtained for selected events and spectral peculiarities are not corresponded with classical theory were found. By using of GOES data (1–8 A), the millimeter burst light-curve

was divided to the thermal background and the impulsive (non-thermal) component that gave the possibility to estimate the contribution of the thermal component to the observed flux during the burst and partially interpret some spectral features.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ФОТОКАМЕРЫ «SARNOFF 1M100-SFT»
ДЛЯ ВЕКТОРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ СОЛНЦА**

В.Е. Томин, Д.Ю. Колобов, М.Л. Демидов, В.М. Григорьев

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
tomin@iszf.irk.ru

**EXAMINING CAPABILITIES OF “SARNOFF 1M100-SFT” CAMERA TO MAKE VECTOR
MEASUREMENTS OF SOLAR MAGNETIC FIELDS**

V.E. Tomin, D.Yu. Kolobov, M.L. Demidov, V.M. Grigoryev

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Наземные измерения солнечных магнитных полей сопряжены с рядом технических трудностей. Основные ошибки вносятся за счет влияния земной атмосферы. Обычно время экспозиции одного кадра достаточно велико – изображение на щели спектрографа успевает сместиться из-за нестабильности земной атмосферы. За время сканирования щелью всего диска Солнца измеряемые величины (магнитное поле, доплеровская скорость) могут значительно измениться. Высокоскоростная камера «Sarnoff 1M100-SFT», как ожидается, должна в значительной степени уменьшить подобные ошибки. В работе обсуждаются преимущества и недостатки данной камеры для решения задачи векторных измерений солнечных магнитных полей.

Conducting ground based measurements of magnetic fields faces with number of difficulties. Most of errors are caused by the Earth atmosphere influence. Usually exposition time is long enough so image on the spectrograph slit can move due to the instability of the Earth atmosphere. During the scan of the solar disk by the spectrograph slit measurable parameters (magnetic field, Doppler velocity) can be significantly changed. It is expected that high speed camera “Sarnoff 1M100-SFT” will significantly reduce these errors. In this paper advantages and disadvantages of using this camera to solve problems of solar magnetic fields measuring are described.

**ФОТОСФЕРНЫЕ ТЕЧЕНИЯ ПЛАЗМЫ, СОПРОВОЖДАЮЩИЕ ПОЯВЛЕНИЕ
АКТИВНЫХ ОБЛАСТЕЙ НА СОЛНЦЕ**

А.И. Хлыстова

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
hlystova@iszf.irk.ru

**PHOTOSPHERIC PLASMA FLOWS ACCOMPANYING EMERGENCE
OF ACTIVE REGIONS ON THE SUN**

A.I. Khlystova

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Анализируется динамика скоростей течений плазмы при появлении магнитных полей активных областей в фотосфере Солнца по данным SOHO/MDI. Для активных областей, возникающих в центральной части диска, ранее были хорошо установлены следующие факты. При вспышке отдельных магнитных петель наблюдается подъем вещества, который занимает небольшие участки и существует несколько десятков минут, при этом значения скоростей сопоставимы со скоростями конвекции. По мере развития активной области в местах наибольшей концентрации магнитных полей возникает опускание вещества, скорость которого существенно превышает скорости конвективных течений. Анализ активных областей, возникающих вблизи лимба, показал, что есть усиление отрицательных скоростей на линии раздела полярностей и положительных скоростей в магнитном полюсе, удаленном от центра диска. Структура поля скоростей формируется в начале выхода магнитных полей, занимает протяженную область и присутствует несколько часов, а значения скоростей существенно превосходят скорости конвекции. Дается интерпретация наблюдаемых течений фотосферной плазмы.

Dynamics of the plasma flow velocities during appearance of the active region magnetic fields at the solar photosphere with data SOHO/MDI is analyzed. The following facts have been well established earlier for active regions emerging in the central part of disk. Substance upflow is observed for the active regions of the central part of the disk during emergence of the separate magnetic loops, which occupies small regions and exist several tens minutes, at that velocity values are comparable to the convection ones. As active region evolves, the substance downflow is

observed, essentially exceeding convective flow velocities in places of the largest concentration of the magnetic fields. The analysis of the emerging active regions close to the limb has shown that there is a strengthening of negative velocities on the polarity inversion line and positive velocities in the magnetic pole distant from the disk center. The velocity structure is formed in the beginning of the magnetic field appearance. It occupies the extensive region and exists several hours, velocity values essentially surpass convection velocities. The interpretation of the observable flow of the photospheric plasma is given.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ, СВЯЗАННЫЕ С ПОЯВЛЕНИЕМ АКТИВНЫХ ОБЛАСТЕЙ НА УРОВНЕ ФОТОСФЕРЫ СОЛНЦА

А.И. Хлыстова

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
hlystova@iszf.irk.ru

REGULARITIES ASSOCIATED WITH EMERGENCE OF ACTIVE REGIONS AT THE PHOTOSPHERIC LEVEL OF THE SUN

A.I. Khlystova

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Представлено статистическое исследование связи параметров магнитного поля и скоростей течений плазмы в первые часы возникновения активных областей на уровне фотосферы Солнца по данным SOHO/MDI. Выбранные активные области имеют разные пространственные масштабы, возникают на разном расстоянии от центра солнечного диска и изолированы от крупных комплексов существующих магнитных полей. В работе исследуются:

- 1) связь величин доплеровских скоростей с положением возникающих активных областей на диске, проводится сопоставление со скоростями конвективных течений спокойного Солнца;
- 2) связь доплеровских скоростей с максимальной напряженностью магнитного поля и скоростью роста полного магнитного потока отдельно для активных областей, возникающих в центре и на краю диска;
- 3) связь скорости роста полного магнитного потока и максимальной напряженности выходящих магнитных полей;
- 4) связь характеристик магнитного поля и скоростей течения плазмы между первыми часами появления и максимумом развития активных областей.

Statistical research of relation of parameters of a magnetic field and plasma flow velocities during the first hours of emergence of active regions at the photospheric level of the Sun with data SOHO/MDI is presented. Selected active regions have different spatial scales, arise on different distance from the solar disk center and isolated from large concentration of existing magnetic fields. In research have been considered:

- 1) relation of Doppler velocity values with position of emerging active region on the disk, the comparison with convective flow velocities of the quiet Sun is performed;
- 2) relation of Doppler velocities with the maximum of magnetic field strength and growth rate of total magnetic flux for active regions emerging on the center and the edge of disk separately;
- 3) relation of growth rate of total magnetic flux and the maximum strength of emerging magnetic fields;
- 4) relation of parameters of magnetic fields and plasma flow velocities between the first hours and maximum development of active regions.

ПРОБЛЕМА ФАЗОВЫХ СВЯЗЕЙ КОЛЕБАНИЙ ЛУЧЕВОЙ СКОРОСТИ В СОЛНЕЧНЫХ ФАКЕЛАХ ПРИ НАБЛЮДЕНИЯХ В ЛИНИЯХ Si 10827 Å И He 10830 Å

С.А. Чупин, Н.И. Кобанов, В.А. Пуляев, А.С. Кустов

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
chupin@iszf.irk.ru

THE PROBLEM OF PHASE RELATIONS OF FLUCTUATIONS IN THE LINE-OF-SIGHT VELOCITY IN SOLAR FACULAE OBSERVED IN THE Si 10827 Å AND He 10830 Å LINES

S.A. Chupin, N.I. Kobanov, V.A. Pulyayev, A.S. Kustov

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Солнечные факелы часто наблюдаются в солнечной атмосфере. Они предположительно играют значительную роль в процессах обмена энергией между слоями солнечной атмосферы. Распространяющиеся волны в факелах могут быть одним из возможных путей транспортировки энергии. В данной работе мы пытаемся выявить связь 5-минутных колебаний в фотосфере и хромосфере. Анализ проводился на основе спек-

тральных данных, полученных с помощью Горизонтального солнечного телескопа Саянской солнечной обсерватории. Посчитаны средние задержки между фотосферными и хромосферными путями колебаний для нескольких наблюдательных временных серий. Некоторые задержки показали распространение колебаний из хромосферы в фотосферу.

Solar faculae are often observed in the solar atmosphere. They may supposedly play a significant role in energy exchange processes between layers of the solar atmosphere. One of possible ways to transport energy is waves propagating in faculae. In this paper, we try to establish the relation between 5-min oscillations in the photosphere and chromosphere. The spectral data analyzed here were obtained using the horizontal solar telescope at the Sayan Solar Observatory. Average time lags of the chromospheric oscillation trains relative to the photospheric ones were calculated for several observational time series. Some lags have shown the propagating of oscillations from the chromosphere into the photosphere.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗВИТИЯ МОЩНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ ВСПЫШЕК В ПРОСТРАНСТВЕ И ВРЕМЕНИ

¹А.Б. Струминский, ²И.Н. Шарыкин

¹Институт космических исследований РАН, Москва, Россия

²Московский физико-технический институт, Москва, Россия

ivan.sharykin@phystech.edu

RESEARCH INTO THE EVOLUTION OF POWERFUL IMPULSIVE SOLAR FLARES IN SPACE AND TIME

¹A.B. Struminky, ²I.N. Sharykin

¹Space Research Institute, Moscow, Russia

²Moscow Institute of Physics and Technology, Moscow, Russia

Исследуется взаимосвязь поведения источников мягкого и жесткого рентгеновского излучения с эволюцией спектра нетепловых электронов в двух импульсных вспышках 1 января и 13 сентября 2005 г. В этих событиях балла X1.7 нагрев плазмы происходил в течение ~10 мин ускоренными электронами в нескольких эпизодах, которые различались по месту и механизму выделения энергии. Вначале электроны преимущественно взаимодействовали в короне, формируя корональный источник жесткого и мягкого рентгеновского излучения. Далее наблюдалось несколько эпизодов ускорения электронов с более жестким спектром. Показано, что существенную роль в динамике излучения играл как корональный источник, так и петля, заполненная горячей плазмой в результате хромосферного испарения. В некоторые моменты времени обнаружен явный избыток жесткого рентгеновского излучения по сравнению с наблюдаемым мягким рентгеновским излучением, что обусловлено слабой эффективностью нагрева плазмы нетепловыми электронами с жестким спектром и высоким порогом обрезания низкоэнергетической части спектра.

A relationship between behavior of SXR and HXR sources and evolution of nonthermal electron spectra during two powerful impulsive flares of 2005 January 1 and September 13 is investigated. In these events of GOES class X1.7 the plasma was heated by accelerated electrons during about 10 minutes in several episodes, which differed by location and mechanism of energy release. In the beginning the electrons interacted mostly in corona, forming the coronal source of SXR and HXR emission. Later several episodes of electron acceleration with harder spectrum were observed. It is shown that both coronal source and magnetic loop filled by hot plasma after the chromospheric evaporation play an important role in radiation dynamics. In some time moments a surplus of HXR emission in comparison with the SXR emission is observed due to a weak efficiency of plasma heating by non-thermal electrons with hard spectrum and high low energy cutoff.