

КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
СЕКЦИЯ А
АСТРОФИЗИКА И ФИЗИКА СОЛНЦА

**ПЕРИОД ОТСЕЧКИ МЕДЛЕННЫХ МАГНИТОЗВУКОВЫХ ВОЛН
В КОРОНАЛЬНЫХ ПЛАЗМЕННЫХ СТРУКТУРАХ**

А.Н. Афанасьев

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

**CUT-OFF PERIOD FOR SLOW MAGNETOACOUSTIC WAVES
IN CORONAL PLASMA STRUCTURES**

A.N. Afanasyev

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

Продольные волновые возмущения плотности в магнитоплазменных структурах солнечной короны интерпретируются как медленные магнитоакустические волны. Анализ таких волн представляет интерес для диагностики плазмы, а также для выяснения их роли в проблемах нагрева короны и ускорения солнечного ветра. В работе рассматривается распространение длинных медленных магнитоакустических (трубочных) волн в изотермических корональных магнитоплазменных трубках. Исследуется влияние на распространение возмущений волноводных свойств среды, магнитной природы возмущений, а также стратификации среды вследствие гравитации. Используется приближение тонкой магнитной трубки без учета дисперсии из-за конечного радиуса трубки. Получено волновое уравнение для трубочных волн, которое приведено к уравнению Клейна–Гордона с переменными коэффициентами. Анализируются вертикальные профили периода отсечки в корональных условиях в сравнении с известными случаями постоянной альфвеновской скорости и звуковых волн.

The longitudinal compressive waves in field-aligned plasma structures of the solar corona are interpreted in terms of slow magnetoacoustic waves. The analysis of slow waves is of interest for plasma diagnostics as well as for understanding their possible contribution to corona heating and solar wind acceleration. We consider the propagation of the long-wavelength slow magnetoacoustic waves (also referred to as tube waves) in isothermal coronal magnetic flux tubes. We investigate the role of obliqueness, magnetic effects and stratification of the medium due to gravity in the propagation of waves. We apply the thin flux tube approximation, neglecting the dispersion due to the finite radius of the flux tube. We derive the wave equation for tube waves and reduce it to the form of the Klein–Gordon equation with varying coefficients. The vertical profiles of the cut-off period are analysed for the coronal conditions and compared with the known case of the constant Alfvén speed as well as with the pure acoustic case.

**КОНСТРУКЦИЯ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ СТАНЦИЙ
УСТАНОВКИ TUNKA-GRANDE**

¹Н.М. Буднев, ¹О.А. Гресс, ¹Р.Д. Монхоев, ²Л.А. Кузьмичев

¹Научно-исследовательский институт прикладной физики ИГУ, Иркутск, Россия
makaay08@rambler.ru

²Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скобельцына МГУ, Москва, Россия

THE CONSTRUCTION OF THE SCINTILLATION STATIONS FOR THE TUNKA-GRANDE EXPERIMENT

¹N.M. Budnev, ¹O.A. Gress, ¹R.D. Monkhoev, ²L.A. Kuzmichev

¹Applied Physics Institute of the Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

²Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Для совместной работы с установкой Tunka-133 была развернута сеть сцинтилляционных станций, получившая название Tunka-Grande. Общая площадь новой установки составляет около 0.8 км². Установка состоит из 380 сцинтилляционных счетчиков площадью 0.64 м² каждый. Счетчики размещены на 19 станциях. Каждая станция имеет наземную и подземную часть, в которых расположены 12 и 8 счетчиков соответственно. Мы представляем конструкцию сцинтилляционной станции и первые результаты работы установки.

A new scintillator array, named as Tunka-Grande, for joint operation with the Tunka-133 array has been deployed. The total area of the array is near to 0.8 км². The array consists of 380 scintillator counters with 0.64 м² size each. The scintillator counters are arranged at 19 stations. Each station has surface and underground parts with 12 and 8 counters respectively. We present the array construction and first results of the array operation.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ВЕРХНИХ СЛОЕВ АТМОСФЕР НЕЙТРОННЫХ ЗВЕЗД

М.А. Гарасев, Е.В. Дерисhev

Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород, Россия
garasyov@mail.ru

NUMERICAL SIMULATIONS OF DYNAMICS OF THE UPPER ATMOSPHERE OF NEUTRON STARS

М.А. Garasev, E. V. Derishev

Institute of Applied Physics RAS, Nizhny Novgorod, Russia

Представлены результаты численного моделирования переноса излучения и динамики плазмы в горячих сильнозамагниченных атмосферах нейтронных звезд. При этом детально учтено резонансное циклотронное рассеяние фотонов, включая и вызванное им перераспределение по частотам. В вычислениях предполагается, что атмосфера состоит из полностью ионизированной водородной или гелиевой плазмы. Результаты численных расчетов показывают, что для получения детального спектра излучения атмосферы нейтронной звезды необходимо учитывать как перераспределение частот фотонов при рассеянии, так и смену поляризации. Используя полученные решения уравнений переноса излучения, мы нашли диапазон параметров, при которых возможно возникновение истечения плазмы под действием давления излучения в циклотронной линии. При помощи моделирования методом частиц в ячейках проанализированы различные неустойчивости плазмы, которые возникают в таких атмосферах под действием силы давления излучения. В заключение анализируются возможные наблюдательные проявления таких истечений.

We present the results of numerical modeling of radiative transfer and plasma dynamics in hot and magnetized atmospheres of neutron stars. In detail, we investigate the role of resonant cyclotron scattering of photons including effects of partial frequency redistribution. We assume that the atmosphere consists of fully ionized hydrogen or helium. We demonstrate that it is essential to take into account both frequency redistribution of photons during scattering and mode-exchange between the two polarizations in order to obtain the detailed cyclotron line profile and atmospheric structure. Using obtained solutions of radiative transfer equations we specify the range of parameters for which an outflow of plasma is possible under radiation pressure in the

cyclotron line. Using PIC-simulations we analyze different plasma instabilities which appear in such atmospheres under the influence of radiation pressure force. The application of our results for observable neutron stars are discussed.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СОЛНЕЧНОМ ВЕТРЕ И ИХ ОТРАЖЕНИЯ В ТЕНЗОРНОЙ АНИЗОТРОПИИ

**П.Ю. Гололобов, Г.Ф. Крымский, П.А. Кривошапкин,
С.К. Герасимова, В.Г. Григорьев**

Институт космофизических исследований и аэронавтики им. Ю.Г. Шафера СО РАН, Якутск, Россия
gpeter@ikfia.sbras.ru

STUDY OF FEATURES OF DYNAMIC PROCESSES IN SOLAR WIND AND THEIR REFLECTIONS IN TENSOR ANISOTROPY

P.Yu. Gololobov, G.F. Krymsky, P.A. Krivoshapkin, S.K. Gerasimova, V.G. Grigoryev

Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy SB RAS, Yakutsk, Russia

Угловое распределение интенсивности космических лучей может быть описано так называемой тензорной анизотропией, которая геометрически в пространстве имеет вид тензорного эллипсоида. Исследуется изменение параметров эллипсоида в зависимости от скорости солнечного ветра и напряженности межпланетного магнитного поля во время различных динамических процессов. Такой подход позволяет получать дополнительные сведения о природе динамических процессов в межпланетной среде. Для объяснения полученных результатов привлекаются различные механизмы.

An angular distribution of an intensity of cosmic rays can be described by so-called tensor anisotropy which in space has the form of tensor ellipsoid. Changes of the ellipsoid parameters according to the speed and strength of the interplanetary magnetic field during various dynamic processes are studied. Such approach allows us to get additional information about dynamic processes in the interplanetary medium. In order to explain obtained results different mechanisms are involved.

СООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ ПАРАМЕТРАМИ СОЛНЕЧНЫХ ЭРУПТИВНЫХ СОБЫТИЙ И ОКОЛОЗЕМНЫХ ПРОТОННЫХ ВОЗРАСТАНИЙ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

В.В. Гречнев, В.И. Киселев, Н.С. Мешалкина

¹Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
valentin_kiselev@iszf.irk.ru

RELATIONS BETWEEN PARAMETERS OF SOLAR ERUPTIVE EVENTS AND HIGH-ENERGY NEAR-EARTH PROTON ENHANCEMENTS

¹V.V. Grechnev, ¹V.I. Kiselev, ¹N.S. Meshalkina

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

Приводятся результаты исследования соотношения между микроволновыми всплесками на частоте 35 ГГц и околоземными протонными возрастаниями высоких энергий, дополняющие результаты работы [Grechnev et al., PASJ, 65, SP1, S4, 2013] и недавние выводы других авторов. Проанализированы различные комбинации пиковых значений и флюенсов параметров солнечной активности и протонных событий по данным радиополариметров Нобеема на частоте 35 ГГц за 1990–2015 гг. Корреляция между флюенсами оказалась выше, чем между пиковыми потоками, что, вероятно, отражает зависимость

числа протонов от общей продолжительности работы ускорительного процесса. Установлена прямая зависимость вероятности протонного возрастания от пикового потока всплеска на 35 ГГц и его длительности. Результаты показывают, что протоны, ускоренные в солнечных эруптивных событиях, сопровождающихся мощными микроволновыми всплесками выше 1000 с.е.п., имеют в основном вспышечное происхождение, тогда как протоны в более слабых событиях ускоряются преимущественно ударными волнами.

We study the relations between microwave bursts at 35 GHz and near-Earth high-energy proton enhancements which supplement our results obtained previously [Grechnev et al. PASJ 2013, 65, SP1, S4] as well as recent conclusions of different authors. Here we analyze various combinations of the peak fluxes and fluences for the parameters of the eruptive solar activity and proton events using the data recorded by the Nobeyama Radio Polarimeters in 1990–2015. A correlation was found to be pronouncedly higher between the microwave and proton fluences than between their peak fluxes. This fact probably reflects the dependence of the proton fluence on the total duration of the acceleration process. A direct dependence was found for the probability of a proton enhancement on the peak flux of the 35 GHz burst and its duration. Our results indicate that solar eruptive events accompanied by strong microwave bursts exceeding 1000 sfu produce mostly flare-accelerated protons, while protons produced in weaker events are mostly shock-accelerated.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАБЛЮДЕНИЙ ТРЕХМИНУТНЫХ КОЛЕБАНИЙ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СКОРОСТИ ЗВУКА И ВЫСОТ ФОРМИРОВАНИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ В АТМОСФЕРЕ СОЛНЕЧНЫХ ПЯТЕН

А.С. Дерес, С.А. Анфиногентов, И.И. Мышьяков

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

THE ESTIMATION OF THE SOUND SPEED AND THE EMISSION FORMATION HEIGHTS ABOVE SUNSPOTS FROM OBSERVATIONS OF THREE-MINUTE OSCILLATIONS

A.S. Deres, S.A. Anfinogentov, I.I. Myshyakov

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

Представлен сейсмологический метод измерения высотного расстояния и средней скорости звука между слоями атмосферы тени солнечного пятна, наблюдаемыми на разных длинах волн. Предложенная методика позволяет оценить эти параметры, не вводя дополнительных предположений о скорости звука или высотах формирования излучения. Метод основан на измерении задержек и пространственных смещений, возникающих при распространении трехминутных колебаний от одного уровня солнечной атмосферы к другому. Использовались наблюдения трехминутных колебаний над тенью пятна активных областей NOAA 11131, 11582, 11711 по данным SDO/AIA на длинах волн 1700, 1600 и 304 Å. Считалось, что трехминутные колебания являются медленными магнитозвуковыми волнами и распространяются вдоль силовых линий магнитного поля. Распространяясь вверх, эти волны расширяются, а степень расхождения определяется геометрией магнитного поля. Сопоставление геометрии магнитного поля с расширением волны при распространении от одного излучающего слоя к другому позволило оценить высотное расстояние между слоями, излучающими на разных длинах волн. По измерениям задержки распространения колебаний была определена средняя скорость распространения волны, которая в используемом нами приближении равна средней скорости звука. Используя данную методику, мы оценили расстояние между излучающими слоями в температурном минимуме (1700 и 1600 Å) и в переходной зоне (304 Å) над тенью солнечных пятен трех активных областей: NOAA 11131, 11582, 11711. Также получены оценки средней скорости звука. Среднее расстояние между температурным минимумом и переходной зоной составило около

500–800 км, а соответствующая средняя скорость звука — 30 км/с, что очень близко значению средней скорости звука в солнечной атмосфере.

We present a seismological method to measure the sound speed and vertical distance between different layers of the sunspot umbrae atmosphere. Our technique allows us to estimate both the vertical distance between atmosphere layers and the wave propagation speed without specifying any extra parameters such sound speed or emission formation heights. Our method uses spatial shifts, that appear when 3-minute oscillations propagate from one emission layer to another. We use observations of three minute oscillations detected in 1700 Å, 1600 Å and 304 Å SDO/AIA channels above sunspots of active regions NOAA 11131, 11582 and 11711. We assume that 3-minute oscillations are slow MHD waves propagating along magnetic field lines. Therefore, these waves diverge following the magnetic field structure when they propagate upwards from the temperature minimum to the corona. This assumption allows us to estimate the distance between the levels of the solar atmosphere by comparing the magnetic field geometry with the divergence of the slow wave observed at these levels. Then we used the measured delays to calculate average wave propagation speed, which is equal to the average sound speed between considered atmospheric levels. Finally we estimated the vertical distance between emission layers in the temperature minimum (1700 and 1600 Å) and the transition region (304 Å) as well as the average sound speed above the sunspot umbrae for 3 active regions: NOAA 11131, 11582, 11711. We found that the distance between the temperature minimum and the transition region lies in the range of 500–800 km for the sunspot umbrae. The estimated wave propagation speed was found to be about 30 km/s. This value is close to the expected mean sound speed in the solar atmosphere.

ОСОБЕННОСТИ ВАРИАЦИЙ ФОТОСФЕРНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ В ОБЛАСТИ ГЕНЕРАЦИИ КВМ 7 ИЮНЯ 2011 г.

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

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

PHOTOSPHERIC MAGNETIC FIELD VARIATIONS IN 2011 JUNE 7 CME SOURCE

Ya.I. Egorov, V.G. Fainstein, G.V. Rudenko, S.A. Anfinogentov

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

Для КВМ, возникшего 07.07.2011 г. и связанного с эрупцией волокна и вспышкой, в области возникновения КВМ по векторным измерениям поля инструментом SDO/HMI проведено детальное исследование изменений фотосферного магнитного поля, сопровождающих появление выброса массы. Изучены изменения со временем модуля магнитного поля B , радиальной компоненты поля B_r и угла α между направлением поля и радиальным направлением из центра Солнца в месте измерения поля. Показано, что в нескольких выделенных участках источника КВМ началу вспышки и эрупции волокна предшествует увеличение B и $|B_r|$, а также уменьшение α , а после начала вспышки и эрупции волокна характер временных вариаций этих параметров поля резко изменяется. В некоторых участках области возникновения КВМ изменение поля обусловлено всплытием нового магнитного потока, в том числе в виде поры.

We study with SDO/HMI vector magnetograms the photospheric magnetic flux variations accompanying a coronal mass ejection (CME) which occurred on 2011 June 7 and was associated with an flare and filament eruption. We analyze the time profiles of absolute magnetic field B , field radial component B_r and angle α between magnetic field direction and radial direction from the Sun centre. It was found that the B and B_r were increasing (α was decreasing) before flare onset and after that the parameter variations changed dramatically in several places of CME source. We also found that in some places of CME source field change have been caused by a new magnetic flux emergence.

СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ TUNKA-GRANDE

¹А.Л. Иванова, ¹Н.М. Буднев, ²Н.Н. Калмыков, ²Л.А. Кузьмичев,
²В.П. Сулаков, ²Ю.А. Фомин

¹Научно-исследовательский институт прикладной физики ИГУ, Иркутск, Россия
annaiv.86@mail.ru

²Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скобельцына МГУ, Москва, Россия

THE TUNKA-GRANDE SCINTILLATOR ARRAY

¹A.L. Ivanova, ¹N.M. Budnev, ²N.N. Kalmykov, ²L.A. Kuzmichev,
²V.P. Sulakov, ²Yu.A. Fomin

¹Applied Physics Institute of Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

²Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Приведены описание и перспективы работы сцинтилляционной установки Tunka-Grande, входящей в состав строящейся в Тункинской долине гамма-обсерватории TAIGA. Представлен программный пакет, разработанный для моделирования регистрации и обработки событий установки Tunka-Grande.

The Tunka-Grande scintillator array as a part of TAIGA Gamma Ray Observatory now under construction in Tunkinskaya Valley is described. The software for simulation of recording and processing events by Tunka-Grande scintillator array is presented.

О ПРОБЛЕМАХ ВОЛНОВОЙ НЕУСТОЙЧИВОСТИ В АНИЗОТРОПНОЙ ПЛАЗМЕ СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА

Р.Ф. Исмайлылы, Н.С. Джалилов

Шамахинская астрофизическая обсерватория им. Насреддина Туси, Баку, Азербайджан
receb.ismayilli@outlook.com

WAVE INSTABILITY PROBLEMS IN SOLAR WIND PLASMAS

R.F. Ismayilly, N.S. Dzhalilov

Nasreddin Tusi Shamakhy Astrophysical Observatory, Baku, Azerbaijan

Известно, что в результате нагрева солнечной короны до нескольких миллионов градусов происходит непрерывное истечение плазмы от Солнца, что создает солнечный ветер. Скорость этого течения составляет около 400 км/с. Сложные физические процессы в солнечной короне, связанные с магнитной активностью, вызывают выбросы корональной массы на Солнце со скоростью около 1000 км/с. В результате в солнечном ветре возникает фибрильная структура со сдвигом в радиальной скорости, что создает условия для возникновения неустойчивости Кельвина–Гельмгольца. Задача состояла в исследовании этой неустойчивости с учетом эффектов анизотропии плазмы солнечного ветра. Известно, что солнечный ветер создает гелиосферу, внутри которой находятся все планеты Солнечной системы, включая Землю. Магнитосфера Земли защищает планету от воздействия солнечного ветра. Однако при сильных возмущениях ветра его влияние на земную атмосферу, эко- и техносистемы значительно увеличивается. Возникают геомагнитные штормы, которые прямо влияют на здоровье людей. Поэтому исследование этих проблем и прогноз возмущений солнечного ветра важны и актуальны. Этими вопросами занимается новая область науки — изучение космической погоды. Для теоретического исследования поставленных задач мы планируем использовать магнитогидродинамические уравнения переноса для описания динамики плазмы на крупных масштабах. В отличие от стандартных МГД-уравнений, эти уравнения учитывают анизотропность плазмы относительно направления магнитного поля и теплового потока.

It is known that by heating the solar corona to several million degrees occurs continuous outflow of the plasma from the Sun, thereby providing the solar wind. The speed of this permanent flow is about 400 km/s. However from time to time as a result of complex physical processes in the solar corona associated with the magnetic activity, there occurs coronal mass ejection from the Sun at a speed of about 1000 km/s. As a result, the solar wind has the observed fibril structure which has shifts in radial speed. So there arise conditions for the appearance of Kelvin-Helmholtz instability. Our task is to investigate this instability taking into account of anisotropy effects of the wind plasma. It is known that the solar wind creates the heliosphere. All the planets, including Earth are inside of heliosphere. The Earth's magnetosphere protects it from the solar wind influence. However, when start up the strong wind perturbations connected with solar magnetic activity, its influence on the Earth's atmosphere, its eco-and techno-system is greatly increased. Geomagnetic storms arise that directly affect to people's health. Therefore, to study physics of these issues, and their prediction is important and actual. These problems are investigated by a new branch of science - space weather. For theoretical research of the planned tasks we shall use the magneto hydrodynamic transport equations to describe the dynamics of the plasma on the large scales. Unlike standard MHD equations, these equations take into account the anisotropy of the plasma relative to the magnetic field direction and the heat flux.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАБОТКИ И ИНТЕРПРЕТАЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ, ПОЛУЧЕННЫХ НА УСТАНОВКЕ TUNKA-REX

Ю.А. Казарина (за коллаборацию Tunka-Rex)

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
lutien777@mail.ru

RESULTS OF TUNKA-REX DATA PROCESSING AND INTERPRETATION

Yu.A. Kazarina (for the Tunka-Rex Collaboration)

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Исследование источников и механизмов ускорения космических лучей высоких и сверхвысоких энергий является фундаментальной проблемой астрофизики. В Тункинской долине (Республика Бурятия) расположена установка «Тунка-133», регистрирующая черенковское излучение широких атмосферных ливней (ШАЛ) космических лучей в энергетическом диапазоне $10^{16.5}-10^{18}$ эВ. В 2012 г. была построена установка Tunka-Rex (Tunka Radio Extension), представляющая собой комплекс из 44 антенн, регистрирующих радиоизлучение ШАЛ в частотном диапазоне 30–80 МГц. Методы наблюдения черенковского и радиоизлучения ШАЛ дают достаточно точную информацию о космических лучах, так как при генерации черенковского и радиоизлучения атмосфера играет роль гигантского калориметра. Совместные измерения радиоизлучения и черенковского света дают уникальную возможность для кросскалибровки этих двух методов исследований. В свою очередь, регистрация ШАЛ радиометодом, в отличие от регистрации оптическими детекторами, почти не зависит от погодных условий, кроме того, еще одним преимуществом является простота конструкции антенн. Основная цель эксперимента Tunka-Rex — выяснить предел точности восстановления параметров атмосферного ливня, зарегистрированного по радиоизлучению ШАЛ.

The investigation of acceleration sources and mechanisms of high and ultra-high-energy cosmic rays is a fundamental problem of astrophysics. The Tunka-133 array in the Tunka Valley (Republic of Buryatia) detects Cherenkov emission of extensive air showers (EAS) initiated by cosmic rays in the energy range of $10^{16.5}-10^{18}$ eV. In 2012, it was extended by Tunka-Rex (Tunka Radio Extension). Tunka-Rex now consists of 44 antennas registering the radio emission of EAS in the frequency range of 30–80 MHz. Joint measurements of the radio emission and Cherenkov light provide a unique opportunity for cross-calibration of these two calorimetric research methods to probe the capabilities of the radio detection technique. Unlike optical detec-

tors, the radio detectors are almost independent of weather conditions. Another advantage of Tunka-Rex is the simplicity of antennas design. Currently, the main goal of the Tunka-Rex experiment is to determine the accuracy for reconstruction of the EAS parameters.

СВЯЗЬ ФОРБУШ-ЭФФЕКТОВ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ МЕЖПЛАНЕТНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ

А.И. Ключева

Главная астрономическая обсерватория НАНУ, Киев, Украина
a.klyuyeva@gmail.com

CONNECTION OF FORBUSH DECREASES WITH DIFFERENT TYPES OF INTERPLANETARY DISTURBANCES

A.I. Klyuyeva

Main Astronomical Observatory NASU, Kiev, Ukraine

На основе статистического анализа данных мировой сети станций нейтронных мониторов за 1960–2014 гг. исследовано влияние различных типов возмущений в солнечном ветре на интенсивность галактических космических лучей на орбите Земли. В зависимости от источника модуляции все форбуш-понижения разделены на несколько групп, для которых проведен сравнительный корреляционный анализ с различными индексами солнечной и геомагнитной активности.

The influence of various types of disturbances in the solar wind on the intensity of galactic cosmic rays near the Earth's orbit was studied based on statistical analysis of data from the neutron monitors worldwide network for 1960–2014. All Forbush decreases were divided into several groups depending on the modulation source. The dependence of many characteristics of Forbush effects on various parameters of the interplanetary disturbances, indices of solar and geomagnetic activity was studied for the selected groups.

БАРОМЕТРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ НЕЙТРОННОЙ КОМПОНЕНТЫ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ НА АНТАРКТИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ «МИРНЫЙ» С УЧЕТОМ ВЕТРА

**¹П.Г. Кобелев, ¹М.С. Преображенский, ¹А.А. Абуниин,
¹М.А. Абунина, ¹Д.В. Смирнов, ²А.А. Луковникова**

¹Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН,
Троицк, Москва, Россия
kosmos061986@yandex.ru

²Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

BAROMETRIC EFFECT OF COSMIC RAY NEUTRON COMPONENT AT ANTARCTIC STATION "MIRNY" IN CONSIDERATION OF WIND

**¹P.G. Kobelev, ¹M.S. Preobrazhenskiy, ¹A.A. Abunin, ¹M.A. Abunina,
¹D.V. Smirnov, ²A.A. Lukovnikova**

¹Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation RAS,
Troitsk, Moscow, Russia

²Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Приводится оценка барометрического эффекта нейтронной компоненты космических лучей (КЛ) с учетом ветра на примере антарктической ст. «Мирный». С этой целью использовались часовые данные непрерывного мониторинга нейтронной компоненты КЛ и данные локальной метеостанции за 2007–2014 гг. Скорость ветра на обс. «Мирный» в течение двух-трех месяцев в зимний период достигает 20–40 м/с, что соответствует дина-

мическому давлению 5–6 мбар, которое, в свою очередь, приводит к 5%-й ошибке для вариаций нейтронной компоненты из-за динамических эффектов в атмосфере. Результаты представляют интерес при регистрации нейтронной компоненты КЛ на детекторах, расположенных в высокоширотных и высокогорных районах, где эффект Бернулли в отдельные периоды может быть значительным.

Estimation of barometric coefficient for neutron component of cosmic rays was performed for Antarctic station Mirny taking into account the effect of dynamic pressure caused by wind in the atmosphere. Hourly data of continue monitoring of neutron component and data of the local meteo station have been used for the period of 2007–2014. Wind velocity at the observatory Mirny reaches 20–40 m/s in winter that corresponds to dynamic pressure of 5–6 mb and leads to the error of 5 % in variations of neutron component because of dynamic effect in the atmosphere. The results are interesting for high latitude and high mountain detectors, where affect Bernulli may be significant.

**МАГНИТНАЯ ЭНЕРГИЯ И ИЗЛУЧЕНИЕ В КРАЙНЕМ УЛЬТРАФИОЛЕТЕ
В КОМПЛЕКСАХ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ
ПО ДАННЫМ ОБСЕРВАТОРИИ СОЛНЕЧНОЙ ДИНАМИКИ (SDO)**

¹О.А. Королькова, ^{1,2}Е.Е. Беневоленская

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
korolkovaoa@gmail.com

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

**MAGNETIC ENERGY AND EXTREME ULTRAVIOLET EMISSION
IN COMPEXES OF SOLAR ACTIVITY FROM SOLAR DYNAMIC
OBSERVATORY (SDO)**

¹O.A. Korolkova, ^{1,2}E.E. Benevolenskaya

¹Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia

²Pulkovo Astronomical Observatory RAS, Saint-Petersburg, Russia

Рассматриваются устойчивые в течение 6 ч комплексы солнечной активности за период с 2 января по 30 декабря 2013 г. Используются наблюдения в крайнем ультрафиолете и наблюдения магнитного поля, полученные с инструментов AIA/SDO и HMI/SDO. Исследуется взаимосвязь магнитной энергии и энергии излучения в УФ, а также изучается распределение угла наклона активных областей на уровне фотосферы по магнитным данным. Обсуждаются свойства комплексов солнечной активности на разных уровнях атмосферы Солнца от фотосферы до короны.

We have studied stable during 6 hours complexes of solar activity from 02 January to 30 December 2013 using 720s cadence of HMI (Helioseismic and Magnetic Imager) and AIA (Atmospheric Imaging Assembly) instruments of SDO. We have studied a relationship between the magnetic flux and coronal emissions and active-region tilt angles at the solar surface. Here, we also discuss properties of the complexes at different levels from photosphere to corona.

**ИСТОЧНИКИ МЕЛКОМАСШТАБНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ
В СОЛНЕЧНОМ ВЕТРЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПОТОКОВ
СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА ВО ВНЕШНЕЙ КОРОНЕ СОЛНЦА**

А.В. Кудрявцева, Д.В. Просовецкий

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

**THE SOURCES OF SMALL-SCALE SOLAR WIND INHOMOGENEITIES
AND DYNAMIC PARAMETERS OF SOLAR WIND STREAMS
IN THE OUTER CORONA OF THE SUN**

A.V. Kudryavtseva, D.V. Prosovetsky

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

В докладе анализируются динамические характеристики неоднородностей в солнечном ветре (СВ), наблюдавшихся КА STEREO на расстояниях от 3.5 до 16 солнечных радиусов. Определялись такие параметры неоднородностей, как форма, размеры, время формирования, изменение скорости и ускорения. Проведено сравнение полученных значений для полярных и низкоширотных областей солнечной короны. Найдено, что потоки СВ испытывают значительные изменения скорости с ускорениями обоих знаков в полярных и низкоширотных областях короны, что может быть объяснено наличием магнито-гидродинамических сил, действующих на потоки СВ, и формированием турбулентности на фронтах потоков. Были исследованы возможные источники неоднородностей по данным AIA/SDO и EUVI/STEREO. С учетом локализации источника и направления движения неоднородностей было определено направление силовых линий магнитного поля. Полученные результаты сравнивались с результатами экстраполяции фотосферного магнитного поля в потенциальном приближении.

Dynamical characteristics of inhomogeneities in the solar wind were analyzed from STEREO coronagraph data at distances from 3.5 to 16 solar radii. The parameters of the inhomogeneities such as shape, size, formation time, variation of velocity and acceleration were determined. Comparison of solar wind parameters was carried out between polar and low-latitude regions. It was found that solar wind streams in polar and low-latitude coronal regions have significant variations of velocities with acceleration of both signs. In our opinion, this fact may be explained by existence of magnetohydrodynamic forces influencing solar wind stream and by formation of turbulence on stream's fronts. The possible sources of inhomogeneities were investigated from AIA/SDO and EUVI/STEREO data. It was determined the direction of the magnetic field lines in consideration of localization of sources and motion direction of inhomogeneities. The obtained results are compared with extrapolation of the PFSS.

**ПОПЕРЕЧНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ И МЮОНОВ ШАЛ
НА ВЫСОТЕ 4250 м НАД УРОВНЕМ МОРЯ**

¹Н.Б. Курбонов, ²А.Р. Ахадов, ¹З. Умар

¹Таджикский национальный университет, Душанбе, Таджикистан
nomvarjon_90@mail.ru

²Академия образования Республики Таджикистан, Душанбе, Таджикистан

**LATERAL DISTRIBUTION OF ELECTRONS AND MUONS
OF EAS AT THE HEIGHT OF 4250 m ABOVE SEA LEVEL**

¹N.B. Kurbonov, ²A.R. Ahadov, ¹Z. Umar

¹Tajik National University, Dushanbe, Tajikistan

²Academy of Education of the Tajikistan Republic, Dushanbe, Tajikistan

Приведены результаты расчетов пространственного распределения электронов и мюонов широкого атмосферного ливня (ШАЛ) от различных первичных ядер на высоте 4250 м над уровнем моря. В результате построена модель ШАЛ с помощью программы CORSIKA и созданы программы расчета пространственных распределений частиц.

The results of calculation of lateral distribution of electrons and mounts in extensive air shower (EAS) from different nucleus at the height 4250 m above sea level are given. EAS was

simulated by program CORSIKA and other programs were created to calculate the lateral distribution of particles.

СЕВЕРО-ЮЖНАЯ АСИММЕТРИЯ ПЯТНООБРАЗОВАНИЯ И АМПЛИТУДА 11-ЛЕТНЕГО ЦИКЛА

С.В. Латышев, С.В. Олемской

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

NORTH-SOUTH ASYMMETRY IN SUNSPOT FORMATION AND AMPLITUDE OF THE 11-YEAR CYCLE

S.V. Latyshev, S.V. Olemskoy

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

По данным RGO/NOAA о солнечных пятнах установлена связь северо-южной (NS) асимметрии пятнообразования с амплитудой 11-летнего цикла. Показано, что чем выше амплитуда солнечного цикла, тем меньше абсолютное значение NS-асимметрии. Выявленная закономерность исследована в численной модели динамо с нерегулярными изменениями альфа-эффекта.

Using sunspot data RGO/NOAA established the connection of north-south asymmetry of sunspot with the amplitude of 11-year cycle was found. It is shown that the higher is the amplitude of solar cycle, the smaller is the absolute value of the NS-asymmetry. Identification of patterns was investigated in a dynamo numerical model with alpha-effect irregular changes.

ТЕПЛОВАЯ НЕУСТОЙЧИВОСТЬ ТОКОВОГО СЛОЯ

Л.С. Леденцов, Б.В. Сомов

Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга МГУ, Москва, Россия
koob@mail.ru

THERMAL INSTABILITY OF THE CURRENT LAYER

L.S. Ledentsov, B.V. Somov

Sternberg Astronomical Institute MSU, Moscow, Russia

В рамках магнитогидродинамического подхода рассмотрены продольные возмущения однородного токового слоя. Показано, что условиями неустойчивости служат определенные соотношения между характерными временами теплопроводности и лучистого охлаждения плазмы. В результате неустойчивости в токовом слое образуется последовательность холодных и горячих волокон, расположенных поперек направления электрического тока. Рассмотренный механизм может быть ответственен за поджиг вспышечных петель в солнечных вспышках.

Longitudinal perturbations of the homogeneous current layer are considered in the framework of the MHD approach. It is shown that the instability conditions depend on relations between characteristic times of thermal conductivity and radiative cooling of the plasma. Sequence of hot and cold fibers are formed in the current layer transversely to the direction of the electric current as a result of instability. Considered mechanism may be responsible for the ignition of flare loops in solar flares.

**ПРОЕКТ АТМОСФЕРНОГО ЧЕРЕНКОВСКОГО ТЕЛЕСКОПА
ДЛЯ ГАММА-ОБСЕРВАТОРИИ TAIGA**

В.В. Ленок (от коллаборации TAIGA)

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
vladimir.lenok.physics@gmail.com

PROJECT OF THE IACT FOR THE TAIGA GAMMA-OBSERVATORY

V.V. Lenok (for the TAIGA collaboration)

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Наземная гамма-астрономия высоких энергий — относительно новое, быстро развивающееся направление фундаментальных исследований в экспериментальной астрофизике. За последние годы данным методом было обнаружено и исследовано значительное количество галактических и внегалактических источников гамма-квантов высоких энергий. Предыдущие поколения атмосферных черенковских телескопов (АЧТ) были оптимизированы для исследования источников гамма-квантов относительно низкой энергии. В настоящее время актуальна задача поиска и исследования источников гамма-квантов высокоэнергетического спектрального диапазона. Эта задача является главной для гамма-обсерватории TAIGA. Предполагается использовать гибридный метод детектирования широких атмосферных ливней — совместное детектирование ливней с помощью АЧТ и оптических станций эксперимента HiSCORE. Такой метод будет применен впервые. Основная научная задача обсерватории — поиск и исследование источников гамма-квантов ПэВ-ного энергетического диапазона — пэватронов (PeVatrons). В докладе представлены физический проект АЧТ для обсерватории TAIGA, а также результаты моделирования оптических характеристик и энергетического порога телескопа.

Ground based very high energy astronomy is relatively new and fast developing field of fundamental research in experimental astrophysics. Significant number of galactic and extragalactic sources of high energy gamma-quanta have been discovered with this technique in recently years. Previous generations of Imaging Atmospheric Cherenkov Telescopes (IACT) have been optimized for research of gamma-quanta sources of relatively low energies. Now the problem of search and study of high-energy range gamma-quanta sources is very important. This problem is central for TAIGA gamma-observatory. The hybrid approach of extensive air shower detection, coincidence detection of showers with IACT and HiSCORE optical stations, is supposed for usage in the observatory. Such method will be applied for the first time. The main scientific problem of the observatory is search and studying of PeV-energy range gamma-quanta sources (PeVatrons). Physical project of IACT for TAIGA observatory is presented in the report. Results of calculations of the telescope optical characteristics and the telescope energy threshold are also shown.

**ФАЗОВЫЕ ПЛАСТИНКИ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ
ДЛЯ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ**

Л.С. Лоптева

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

**PHASE PLATES MADE OF POLYMERIC MATERIALS
FOR POLARIZATION MEASUREMENTS**

L.S. Lopteva

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

Фазовые пластинки используются в поляриметрии небесных объектов, измерениях магнитных полей, исправлении инструментальной поляризации телескопов, интерферен-

ционно-поляризационных фильтрах. Широко используются фазовые пластинки из природных кристаллов слюды и кварца. Однако в современных исследованиях требуются пластинки с максимальными параметрами — расширенными угловым и рабочим полями. Поэтому альтернативой природным кристаллам могут стать полимерные материалы, обладающие искусственно вызванной анизотропией. Для получения крупногабаритных фазовых пластинок мы провели исследование оптических свойств поликарбоната и определили его характеристики: двупреломление, прочность и возможность оптической обработки для коррекции фазового сдвига. Были исследованы свойства поликарбоната, разработана технология обработки (шлифовка связанным абразивом и химико-механическое полирование), определены методы контроля его оптических характеристик и приведены параметры новых полуволновых и четвертьволновых пластинок диаметром 70 мм.

Phase plates are used in polarimetry of celestial objects, measurement of magnetic fields, correction of instrumental polarization of telescopes, and in the birefringence filters. Phase plates of natural mica and quartz crystals are extensively used. However, modern studies require plates with maximum parameters such as extended angular and working fields. Therefore, polymeric materials with artificially induced anisotropy are alternative to natural crystals. For large-scale phase plates we carried out a study of the optical properties of polycarbonate and defined its characteristics such as birefringence, durability and optical processing to adjust the phase shift. In the present study the properties of polycarbonate were investigated, the technology of processing (grinding bonded abrasives and chemical-mechanical polishing) was worked out, methods to control its optical characteristics were identified and parameters of new half-wave and quarter-wave plates 70 mm in diameter were adduced.

СИСТЕМЫ СБОРА ДАННЫХ И ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ СТАНЦИЙ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ ИСЗФ СО РАН

А.А. Луковникова

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

SYSTEMS OF DATA COLLECTION AND TRANSMISSION OF INFORMATION IN REAL TIME OF COSMIC RAY STATIONS OF ISTP SB RAS

A.A. Lukovnikova

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

Рассмотрены изменения в работе станций космических лучей (КЛ) ИСЗФ СО РАН (Иркутск, Иркутск-2, Иркутск-3, Норильск) за 2012–2014 гг. Описаны системы сбора данных и передачи информации в реальном времени станций КЛ. Для каждой из работающих станций КЛ показаны существующие проблемы и предложены пути их решения для улучшения качества поставляемых данных наземных измерений вариаций КЛ.

The paper describes means for improving the operation of cosmic ray (CR) stations of the Institute of Solar-Terrestrial Physics (ISTP SB RAS) in 2012–2014. Instrumental measures for improving real time data presentation of the CR stations (Irkutsk, Irkutsk-2, Irkutsk-3 and Norilsk) are presented. There are some problems for each CR station. We show ways for solving these problems to provide data without failures and omissions.

**НОВЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ЯРКОГО ГАММА-ВСПЛЕСКА
GRB 030329 В ОПТИЧЕСКОМ ДИАПАЗОНЕ**

¹Е.Д. Мазаева, ¹А.С. Позаненко, ²В.В. Румянцев

¹Институт космических исследований РАН, Москва, Россия
30.v@mail.ru

²Крымская астрофизическая обсерватория, Научный, Россия

**NEW DATA FOR BRIGHT GAMMA-RAY BURST GRB 030329
IN THE OPTICAL RANGE**

¹E.D. Mazaeva, ¹A.S. Pozanenko, ²V.V. Rumyantsev

¹Space Research Institute, Moscow, Russia

²Crimean Astrophysical Observatory, Nauchny, Russia

Несмотря на то, что гамма-всплеск GRB 030329 был зарегистрирован двенадцать лет назад, он до сих пор является самым ярким в оптическом диапазоне на момент времени 1.5 ч после его регистрации в гамма-диапазоне (до этого момента наблюдений в оптике не проводилось). По GRB 030329 имеется наиболее плотный ряд фотометрических данных из полученных для когда-либо наблюдавшихся послесвечений гамма-всплесков. Представлены новые данные, полученные в обсерваториях КрАО, Майданак, SPM и дополняющие уже известные фотометрические ряды. Построены подробные многоцветные кривые блеска. Исследуются многочисленные неоднородности кривой блеска и их возможная природа.

Although GRB 030329 was registered more than twelve years ago, it is still the brightest burst in optical energy range at the moment of 1.5 hours after burst trigger. GRB 030329 has the most sampled optical afterglow light curve among all known bursts. We present new unreleased optical data obtained by CrAO, Maidanak, SPM observatories supplementing known datasets. Detailed multicolor optical light curves are constructed. Numerous light curve variations and their nature are investigated.

**МОДЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ RUSCOSMIC**

Е.А. Маурчев, Ю.В. Балабин, Б.Б. Гвоздевский

Полярный геофизический институт КНЦ РАН, Апатиты, Россия
maurchev@pgia.ru

**RUSCOSMIC AS A NEW MODEL COMPLEX FOR
COSMIC RAY INVESTIGATION**

E.A. Maurchev, Yu.V. Balabin, B.B. Gvozdevsky

Polar Geophysical Institute KSC RAS, Apatity, Russia

Рассматривается изучение рождения и развития каскадов вторичных космических лучей (КЛ) с помощью численной модели RUSCOSMIC, разработанной в лаборатории космических лучей (Апатиты). Первым результатом вычислений являются типовые треки, позволяющие визуально оценить количественные характеристики развития каскадов, а также частично верифицировать модель на основе имеющихся знаний. Вторым результатом вычислений являются энергетические спектры вторичных космических лучей, возникающих в результате прохождения галактических КЛ. Спектры позволяют получить наиболее детальную информацию о развитии и особенностях каскадов вторичных КЛ и более детально сверить результаты моделирования с результатами баллонных измерений. Свойство атмосферы поглощать КЛ было обнаружено еще в первых экспериментах В. Гесса. Попадая в – земную атмосферу, космические частицы (в основном протоны и ядра более тяжелых элементов, чем водород) испытывают столкновения с ее атомами и молекулами. В резуль-

тате происходит расщепление ядер и образование многочисленных вторичных частиц. Первичный протон, проходя через атмосферу, может неоднократно вступать в процессы взаимодействия с ядрами атомов. Отсюда следует, что на меньших высотах вблизи Земли, или в терминах физиков, изучающих КЛ, «на больших глубинах», в атмосфере существует преимущественно вторичная компонента КЛ. Для изучения КЛ используются самые различные детекторы, установленные на спутниках, запускаемые на шарах-зондах и аэроста-тах, а также наземные и подземные детектирующие устройства. В последнее время наряду с экспериментальными методами исследования КЛ используются численные методы Монте-Карло в совокупности с реальными данными сечений взаимодействия частиц с веществом. Модели, созданные таким образом, наиболее реалистично отражают реальный эксперимент. Конечно, это уменьшает скорость моделирования в целом, но позволяет более детально рассматривать процесс прохождения КЛ через атмосферу Земли. В данной работе в общем виде рассматривается созданный на базе GEANT4 программный комплекс RUSCOSMIC © для детального исследования взаимодействия космического излучения с веществом атмосферы Земли, развития каскадов вторичных КЛ, а также для исследования эффективности основных детекторов, использующихся на станции нейтронного монитора в Апатитах. Представлены также некоторые типовые результаты и их сравнение с экспериментальными данными.

One of the research directions of cosmic rays (CR) is a simulation of their transport through the Earth's atmosphere by a variety of techniques. This paper deals with the study of the birth and development stages using a numerical model RUSCOSMIC, developed in the Apatity CR laboratory. The first result of the calculations are typical tracks that allow us to visually assess the quantitative characteristics of the development stages, and partly to verify the model on the basis of existing knowledge. The second result which is the energy spectra of secondary CRs resulting from the passage of galactic CRs that gave the most detailed information on the development and characteristics of secondary CR cascades in more detail to verify the simulation results with the results of balloon measurements. Property of the atmosphere to absorb CRs was discovered in the first experiments carried out by Hess. Getting into the Earth's atmosphere, cosmic particles (they are mostly protons and nuclei of heavier elements than hydrogen) collide with its atoms and molecules. As a result of the splitting of nuclei and formation of numerous secondary particles. Primary proton passing through the atmosphere can be repeatedly engage in processes of interaction with the nuclei of air. It follows that at lower altitudes near the Earth, or in terms of physicists studying cosmic rays — on “deep” in the atmosphere, there is mostly a secondary CR component. For studying CR a variety of detectors mounted on satellites, launched on balloons and balloons, as well as surface and underground detection device are used. Recently, along with experimental methods of investigation numerical Monte Carlo methods in conjunction with real data sections of the interaction of particles with matter can be used. Thus, models created in this way, are the most realistic compared to the real experiment. Of course, it reduces the simulation speed in general, but allows for a more detailed discussion of the process of CR passing through the Earth's atmosphere. In this paper, we generally considered on the basis of GEANT4 the software package RUSCOSMIC ©, used for detailed studies of the interaction of CR with matter of Earth's atmosphere, and effectiveness of the main detectors used for neutron monitor stations in Apatity. Also, some typical results and their comparison with experimental data.

**ПРЕДВСПЛЕСКИ КОРОТКИХ ГАММА-ВСПЛЕСКОВ,
ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫХ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ SPI-ACS INTEGRAL**

П.Ю. Минаев, А.С. Позаненко

Институт космических исследований РАН, Москва, Россия
minaevp@mail.ru

PRECURSORS OF SHORT GAMMA-RAY BURSTS REGISTERED BY SPI-ACS INTEGRAL

P.Yu. Minaev, A.S. Pozanenko

Space Research Institute, Moscow, Russia

В работе проведен анализ кривых блеска 519 коротких гамма-всплесков, зарегистрированных в эксперименте SPI-ACS INTEGRAL до мая 2014 г., с целью поиска возможной активности источника гамма-всплеска (предвсплеска) до начала основного эпизода. Проанализированы кривые блеска индивидуальных событий и суммарная кривая блеска всех коротких всплесков. При статистическом анализе не выявлено регулярного предвсплеска, в то же время в суммарной кривой блеска присутствует значимое продленное излучение, которое ранее было обнаружено на меньшей выборке коротких всплесков эксперимента SPI-ACS. В единичных случаях найдены кандидаты в предвсплески. Вычислена значимость таких событий, приведены оценки отношения интенсивности возможного предвсплеска к интенсивности основного эпизода.

We analyzed light curves of 519 short gamma-ray bursts (GRB) registered by SPI-ACS INTEGRAL in 2002–2014. A search of possible activity of short GRBs before main emission episode was performed both in individual light curves and in averaged light curve of all events. We found no regular precursor in averaged time profile of all short GRBs and therefore estimated upper limits of its intensity. At the same time the extended emission component was detected in averaged light curve of all events. It confirmed our previous work, which was based on smaller sample of short bursts registered by SPI-ACS experiment. In individual light curves of 3 short GRBs statistically significant candidates to precursors were found.

СПЕКТРЫ И ФЛЕЙВОРНОЕ ОТНОШЕНИЕ АТМОСФЕРНЫХ НЕЙТРИНО ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

¹A.Д. Морозова, ²T.C. Синеговская, ¹S.I. Синеговский

¹Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
refriz@yandex.ru

²Иркутский государственный университет путей сообщения, Иркутск, Россия

THE SPECTRUM AND FLAVOR RATIO OF HIGH-ENERGY ATMOSPHERIC NEUTRINOS

¹A.D. Morozova, ²T.S. Sinegovskaya, ¹S.I. Sinegovsky

¹Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

²Irkutsk State Railway University, Irkutsk, Russia

При обработке данных, полученных в эксперименте IceCube за 988 дней (2010–2013 гг.), обнаружено 37 высокоэнергетических нейтринных событий с энерговыделением от 30 ТэВ до 2 ПэВ. Гипотеза об астрофизическом происхождении этих нейтрино подтверждается на уровне статистической достоверности выше пяти стандартных отклонений (5.7σ). Для надежной идентификации нейтринных событий необходим тщательный расчет фона атмосферных нейтрино. В работе выполнен расчет спектров атмосферных нейтрино в интервале энергий 100 ГэВ — 10 ПэВ для ряда моделей адрон-ядерных взаимодействий с использованием нескольких параметризаций спектра космических лучей, опирающихся на экспериментальные данные и учитывающих излом спектра. Извлеченное из данных IceCube флейворное отношение потоков нейтрино указывает на то, что в измеренном спектре атмосферных электронных нейтрино видно влияние диффузного потока астрофизических нейтрино уже при энергиях 20–50 ТэВ.

The processing of the IceCube experiment data, obtained during 988 days (2010–2013), revealed 37 high-energy neutrino-induced events with deposited energies 30 TeV — 2 PeV. The hypothesis of an astrophysical origin of these neutrinos is confirmed at the statistical confidence level of 5.7σ . To identify reliably the neutrino events, a thorough calculation of the atmospheric neutrino background is required. In this work we calculate the atmospheric neutrino spectra in the energy range 100 GeV — 10 PeV with usage of several hadronic models and a few parametrizations of the cosmic ray spectra, supported by experimental data, which take into account the knee. The neutrino flavor ratio, extracted from the IceCube data, possibly indicates that the conventional atmospheric electron neutrino flux obtained in the IceCube experiment contains an admixture of the astrophysical neutrinos in the range 20–50 TeV.

ИСТОЧНИКИ АТМОСФЕРНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ НЕЙТРИНО

¹**А.Д. Морозова**, ²**А.А. Кочанов**, ³**Т.С. Синеговская**, ¹**С.И. Синеговский**

¹Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
refriz@yandex.ru

²Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

³Иркутский государственный университет путей сообщения, Иркутск, Россия

SOURCES OF ATMOSPHERIC ELECTRON NEUTRINOS

¹**A.D. Morozova**, ²**A.A. Kochanov**, ³**T.S. Sinegovskaya**, ¹**S.I. Sinegovsky**

¹Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

²The Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

³Irkutsk State Railway University, Irkutsk, Russia

Главная новость в нейтринной астрофизике высоких энергий — детектирование в эксперименте IceCube 37 событий от астрофизических нейтрино с энергией от 30 ТэВ до 2 ПэВ. Фоном для этих событий являются атмосферные нейтрино, поэтому его необходимо знать с достаточной точностью. В работе выполнен расчет вклада в потоки атмосферных электронных нейтрино ($\nu_e + \bar{\nu}_e$) трехчастичных полуплептонных мод распада K -мезонов (K_{e3}^\pm, K_L^0, K_S^0), генерируемых при взаимодействии космических лучей с земной атмосферой. Показано, что распад короткоживущего нейтрального каона K_S^0 дает более трети полного потока $\nu_e + \bar{\nu}_e$ при энергиях выше 100 ТэВ. В работе показано также, что учет реакции рождения K -мезонов пионами $\pi+A \rightarrow K+X$ приводит к возрастанию на 5–7 % потока $\nu_e + \bar{\nu}_e$ в диапазоне энергий 10^2 – 10^4 ГэВ.

The main news in the neutrino astrophysics is the observation in the IceCube experiment of 37 astrophysical neutrino-induced events with deposited energies 30 TeV — 2 PeV. The atmospheric neutrinos are unavoidable background for the events from astrophysical neutrinos which should be studied with a sufficient accuracy. In this work, the contributions of three-particle semileptonic decays of charged and neutral K mesons (K_{e3}^\pm, K_L^0, K_S^0), produced in the extensive air showers which induced by cosmic-ray particles. It is shown that decays of shortlived neutral kaons (K_S^0) contribute about a third of the total flux $\nu_e + \bar{\nu}_e$ at the energy above 100 TeV. It is also shown that account for kaons production in the pion collisions with nuclei, $\pi+A \rightarrow K+X$ adds to the flux $\nu_e + \bar{\nu}_e$ up to 7 % in the energy range 10^2 – 10^4 GeV.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗРАБОТКИ НОВОГО СОЛНЕЧНОГО СПЕКТРОПОЛЯРИМЕТРА МЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА (ССМД)

Н.О. Муратова, **А.А. Муратов**

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

**RESULTS OF DEVELOPMENT OF THE NEW SOLAR METER-WAVE
SPECTROPOLARIMETER (SMWS)**

N.O. Muratova, A.A. Muratov

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

Представлены результаты, полученные на заключительном этапе разработки нового спектрополяриметра метрового диапазона. Инструмент предназначен для осуществления наблюдений в частотном диапазоне 50–500 МГц. Основным преимуществом данного устройства является получение полного вектора Стокса, полностью характеризующего состояние поляризации солнечного радиоизлучения. Заложенные в прибор частотные характеристики позволяют увеличить вероятность наблюдения линейной поляризации. Мы также рассмотрим возможность наблюдения на ССМД тех или иных солнечных явлений с учетом характеристик прибора.

We present results, obtained on final stage of development of the new solar meter-wave spectropolarimeter. The frequency range of the instrument is 50–500 MHz. The main advantage of this instrument is obtaining of the full Stockes vector that completely characterizes the state of solar radio emission polarization. The frequency characteristics of this device are designed with assumption to increase probability of linear polarization detection. Based on estimated characteristics, we consider the possibilities of observation of different solar phenomena with the help of our new instrument.

**ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ КОРОНАЛЬНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ
НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ПЯТЕН
И ДАННЫХ РАДИОНАБЛЮДЕНИЙ**

О.В. Нелюбова

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
ol.nelyubova@gmail.com

**STUDY OF THE STRUCTURE OF CORONAL MAGNETIC FIELD
FROM MODELING SUNSPOTS AND RADIO OBSERVATION DATA**

O.V. Nelyubova

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

Одним из преимуществ многоволновых радионаблюдений является возможность исследования солнечной короны на разных высотах. Спектрально-поляризационные и пространственные характеристики радиоизлучения тесно связаны с магнитными полями. В настоящей работе построена модель солнечного пятна, погруженного в спокойную корону, и проведено моделирование радиоизлучения в диапазоне частот 4–8 ГГц. На основе полученных синтетических данных радионаблюдений восстановлена продольная компонента магнитного поля в короне и дана оценка погрешности такого восстановления. Создаваемые методы и алгоритмы диагностики магнитного поля по радионаблюдениям на микроволнах могут быть использованы для анализа данных нового многоволнового гелиографа, создаваемого по проекту ИСЗФ СО РАН.

One of the advantages of radio observation is an opportunity to study solar corona at different heights. Spectrally polarized and spatial characteristics of radio emission are associated with magnetic fields. In the present work the model of a sunspot immersed in the Quiet sun was constructed, and radio emission was modelled within the frequency range 4–8 GHz. Based on the obtained synthetic radio observation data the coronal magnetic field's longitudinal component was extracted, and the estimation of such extraction error was given. Created methods and algorithms of magnetic fields diagnostics by radio observation at the microwaves

can be used to analyze data of the new multiwavelength heliograph that is being created by the ISTP SB RAS project.

ОБ ОДНОЙ МОДЕЛИ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ТЕОРИИ ГРАВИТАЦИИ

В.В. Никифорова

Институт ядерных исследований РАН, Москва, Россия
nikiforovavas@mail.ru

ON THE ONE MODEL OF MODIFIED GRAVITY

V.V. Nikiforova

Institute for Nuclear Research RAS, Moscow, Russia

Данная работа посвящена модификации общей теории относительности для больших расстояний и исследованию космологических следствий модификаций. Общепринятая в настоящее время стандартная космологическая модель предполагает наличие темной энергии — особого вида энергии, заполняющей всю Вселенную и приводящей к ее ускоренному расширению. Такой подход сталкивается с проблемой величины плотности темной энергии (космологической постоянной) — эта величина много меньше, чем энергетические масштабы всех известных фундаментальных взаимодействий. Пытаясь избежать проблемы космологической постоянной, ученые рассматривают другие возможности объяснения наблюдаемого ускоренного расширения Вселенной. Одна из таких возможностей заключается в том, чтобы модифицировать общую теорию относительности на космологических масштабах так, чтобы это привело к объяснению ускоренного расширения без темной энергии вообще.

The paper considers modifications of the general relativity and their cosmological consequences. Now the generally accepted cosmological model is the Lambda-CDM model, which assumes our Universe to be the Big Bang universe containing the dark energy, dark matter and standard baryonic matter. The dark energy is a special kind of energy which permeates all of space and response to the observable accelerated expansion of the Universe. This model also assumes the General Relativity to be right at the cosmological distances. This model meets the problem which is called “cosmological constant problem”. The energy scale for dark energy is much smaller than the energy scales for all know fundamental interactions. So, we cannot explain the value of dark energy density. One of the possible attempts to solve the cosmological constant problem is to modify the General Relativity at the long distances in such a manner that could lead to the observable accelerated expansion without dark energy at all.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭРУПТИВНЫХ ПРОТУБЕРАНЦЕВ ПО НАБЛЮДЕНИЯМ В РАЗЛИЧНЫХ СПЕКТРАЛЬНЫХ ДИАПАЗОНАХ

¹А.А. Нихайчик, ²В.Г. Файнштейн, ²Я.И. Егоров

¹Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
sinichkani@mail.ru

²Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

COMPARATIVE ANALYSIS OF GEOMETRIC CHARACTERISTICS OF ERUPTIVE PROMINENCES FROM OBSERVATIONS IN DIFFERENT SPECTRAL RANGES

¹А.А. Nikhaichik, ²V.G. Fainshtein, ²Ya.I. Egorov

¹Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

²Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

С использованием данных телескопов наземного и космического базирования были сопоставлены высоты и угловые размеры эруптивных протуберанцев (ЭП) по наблюдениям в различных парах спектральных диапазонов:

- 1) H α (MLSO (телескоп PICS) и Kanzelhöhe Observatory) и радиодиапазон (радиогелиограф Nobeyama, длина волны $\lambda=1.76$ см);
- 2) канал с $\lambda=195$ Å (SOHO/EIT) и радиодиапазон;
- 3) канал 195 Å и H α .

Анализ полученных зависимостей между указанными геометрическими характеристиками для рассмотренных пар спектральных диапазонов позволил сделать вывод, что высоты и угловые размеры ЭП, зарегистрированных в близкие моменты времени в разных спектральных диапазонах, различаются мало: в среднем это различие оказалось в пределах 1–4 %. Сравнение изображений ЭП в разных спектральных диапазонах позволяет сделать вывод, что высота и угловой размер ЭП в радиодиапазоне и в канале 195 Å больше, чем в H α , а в радиодиапазоне больше, чем в канале 195 Å.

To compare heights and angular sizes of eruptive prominences (EPs), we have used ground- and space-based telescopic data obtained in different pairs of spectral ranges:

- 1) H α (MLSO (the PICS telescope) and Kanzelhöhe Observatory) and the radio frequency band (Nobeyama Radioheliograph, wavelength $\lambda=1.76$ cm);
- 2) $\lambda=195$ Å channel (SOHO/EIT) and radio frequency band,;
- 3) 195 Å channel and H α .

Analysis of obtained dependences of the mentioned geometric characteristics for the examined pairs of spectral ranges has allowed us to conclude that the heights and angular sizes of EPs recorded at close instants in different spectral bands were slightly distinguished: on average this difference proved to be within 1–4 %. Comparison of the images of EPs in different spectral ranges provides a conclusion that the height and angular size of EPs in the radio frequency range and on $\lambda=195$ Å channel are larger than those at H α and larger in the radio frequency range than those on the $\lambda=195$ Å channel.

ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОРОГА ОПТИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ TUNKA-HiSCORE

А.Л. Пахорук (за коллаборацию TAIGA)

Научно-исследовательский институт прикладной физики ИГУ, Иркутск, Россия
pal.27@yandex.ru

ESTIMATION OF ENERGY THRESHOLD OF OPTICAL STATION TUNKA-HiSCORE

A.L. Pakhoruk (for the TAIGA Collaboration)

Applied Physics Institute of Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Доклад посвящен разворачивающейся в Тункинской долине на астрофизическом полигоне МГУ–ИГУ широкоугольной атмосферной черенковской установке Tunka-HiSCORE, входящей в состав гамма-обсерватории TAIGA. Установка Tunka-HiSCORE нацелена на регистрацию гамма-квантов с энергией более 30 ТэВ. Она будет представлять собой сеть фотодетекторов — оптических станций (ОС), расположенных на поверхности Земли в узлах квадратной решетки. Развертывание установки происходит поэтапно, и на текущем этапе (2015 г.) она состоит из 28 ОС, расстояние между которыми составляет $75\sqrt{2}$ м ≈ 106 м. В докладе описываются конструкция ОС, измерение ее угловой чувствительности, временная калибровка, а также определение энергетического порога установки по темпу счета одной ОС.

The report focuses on the wide angle atmospheric Cherenkov telescope array Tunka-HiSCORE, unfolding in Tunka valley at astrophysical polygon MSU–ISU, part of the gamma observatory TAIGA. Tunka-HiSCORE array aimed at registration of gamma rays with energies above 30 TeV. It will be a grid of photodetectors — optical stations (hereinafter abbreviated as

OS), located on the Earth surface in the sites of a square lattice. At this stage (2015) array consists of 28 OS, the distance between which is $75\sqrt{2} \text{ m} \approx 106 \text{ m}$. OS design, measurement of its angular sensitivity and time calibration will be described in the report. Also definition of a power threshold of array on the count rate of one OS will be given.

АНАЛИЗ КОРРЕЛЯЦИИ РАДИОСИГНАЛА НА ЧАСТОТЕ 32 МГц С ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ШАЛ ПО ДАННЫМ ЯКУТСКОЙ УСТАНОВКИ

И.С. Петров, С.П. Кнуренко

Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю.Г. Шафера СО РАН, Якутск, Россия
igor.petrov@ikfia.sbras.ru

ANALYSIS OF CORRELATION OF RADIO EMISSION AT 32 MHz FREQUENCY WITH EAS CHARACTERISTICS FROM YAKUTSK ARRAY DATA

I.S. Petrov, S.P. Knurenko

Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy SB RAS, Yakutsk, Russia

В работе рассматривается корреляция радиосигнала с параметрами широких атмосферных ливней: энергией ливня E_0 и глубиной максимума X_{\max} . Показано, что по измерениям радиосигнала можно получить параметры индивидуального ливня и массовый состав космический лучей. Выведена обобщенная формула для расчета энергии ливня.

The paper present correlation of radio signal with air shower parameters: shower energy E_0 and depth of maximum X_{\max} . It is shown that from radio emission measurements of air showers one can obtain individual showers parameters and mass composition of cosmic rays. We also derived generalized formula for calculating energy of the air showers.

РАСЧЕТ ИНЖЕКЦИИ СОЛНЕЧНЫХ ЭНЕРГИЧНЫХ ЧАСТИЦ В МЕЖПЛАНЕТНОМ ПРОСТРАНСТВЕ В СОБЫТИИ 15 АПРЕЛЯ 2011 г.

А.С. Петухова, С.И. Петухов

Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю.Г. Шафера СО РАН, Якутск, Россия
aspetuhova@mail.ru

CALCULATION OF INJECTION OF SOLAR ENERGETIC PARTICLES IN SPACE, IN APRIL 15, 2011 EVENT

A.S. Petukhova, S.I. Petukhov

Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy SB RAS, Yakutsk, Russia

Рассчитано ускорение солнечных энергичных частиц ударной волной, порожденной выбросом корональной массы вещества в солнечной атмосфере. Внешняя граница выброса и ударный фронт заданы в виде сегментов сферических поверхностей разных радиусов,двигающихся согласованно. В расчете учитываются нестационарность процесса, сферическая симметрия и адиабатические потери энергии частиц в расширяющейся среде. Предполагается, что вблизи Солнца существует резкое изменение коэффициента диффузии частиц в области перехода от короны к межпланетному пространству. Для сопоставления с результатами расчета использовалась инжекция солнечных энергичных частиц, восстановленная по величине и анизотропии интенсивности потока частиц, зарегистрированного наземной сетью нейтронных мониторов в событии 15.04.2001 г. Из сопоставления определены коэффициенты диффузии частиц перед и за ударным фронтом и положение области перехода.

Acceleration of solar energetic particles by the shock generated by the coronal mass ejection is calculated. The external boundary of coronal mass ejection and the shock front are specified as the segments of spherical surfaces with the different radii moving in coordination. Non-stationarity of process, spherical symmetry and adiabatic losses of particle energy in the extend-

ing environment are considered in the calculation. It is supposed that near the Sun there is the abrupt change region of the particle diffusion coefficient from coronal to the interplanetary. The calculation results are compared with the SEP injection of the Easter 2001 Solar Particle Event (April 15). From the comparison the particle diffusion coefficients before and behind the shock front and location of the abrupt change region are determined.

УСКОРЕНИЕ ИОНОВ СЕРФОТРОННЫМ МЕХАНИЗМОМ УСКОРЕНИЯ

А.С. Петухова, С.И. Петухов

Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю.Г. Шафера СО РАН, Якутск, Россия
aspetuhova@mail.ru

ION ACCELERATION BY SHOCK SURFING

A.S. Petukhova, S.I. Petukhov

Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy SB RAS, Yakutsk, Russia

Бесстолкновительные ударные волны в космических условиях являются источником энергичных частиц. Частицы, имеющие небольшую скорость вдоль нормали к поверхности ударного фронта, могут многократно отражаться от электрического поперечного поля квазиперпендикулярной ударной волны и ускоряться серфингом. Серфинг может обеспечить предускорение частиц для последующего диффузионного механизма ускорения. Исследование серфинга представляет интерес для расчета инжекции и элементного состава ускоренных частиц. В работе изложен метод расчета функции распределения частиц, ускоренных серфингом на ударном фронте, в том случае, когда заданы такие характеристики, как напряженность электростатического поля и толщина фронта. Представлены результаты расчета спектров частиц в области перед и за фронтом в зависимости от параметров задачи.

Collisionless shocks in space conditions are a source of energetic particles. The particles having low velocity along the normal to the surface of the shock front can be multiply reflected from the electric cross potential of a quasiperpendicular shock and be accelerated by shock surfing. Shock surfing can provide pre-acceleration of particles for subsequent diffusive shock acceleration. The research of shock surfing is of interest for calculation of injection and element composition of the accelerated particles. The calculation method of distribution function of the accelerated particles by shock surfing in that case, when the characteristics of the shock front (the electrostatic field strength and the width of the shock front) are specified. The results of calculation of particle spectra before and behind the shock front depending on taken parameters are shown.

ЛАБОРАТОРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ГЕНЕРАЦИИ ПЛАЗМЕННЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ В МАГНИТНЫХ ТРУБКАХ НА ПОВЕРХНОСТИ СОЛНЦА

**П.А. Прокопов, Э.Л. Бояринцев, Ю.П. Захаров, А.В. Мелехов,
А.Г. Пономаренко, В.Г. Посух, В.Н. Тищенко, И.Ф. Шайхисламов**

Институт лазерной физики СО РАН, Новосибирск, Россия
paprok312@gmail.com

LABORATORY SIMULATION OF GENERATION OF PLASMA PERTURBATIONS IN MAGNETIC TUBES ON THE SUN'S SURFACE

**P.A. Prokopov, E.L. Boyarintsev, Yu.P. Zakharov, A.V. Melekhov,
A.G. Ponomarenko, V.G. Posukh, V.N. Tishchenko, I.F. Shaikhislamov**

Institute of Laser Physics SB RAS, Novosibirsk, Russia

Альфвеновские и медленные магнитозвуковые волны, распространяющиеся в магнитных трубках на поверхности Солнца, могут являться одним из источников нагрева короны. Процессы генерации и распространения этих волн исследовались на стенде КИ-1 —

высоковакуумной камере длиной 5 м и диаметром 1.2 м с внешним магнитным полем B до 500 Гс вдоль оси камеры. Лазерная плазма создавалась при фокусировке CO_2 -лазерного импульса на плоской полиэтиленовой мишени и распространялась в фоновой водородной (или гелиевой) плазме от θ -пинча. В результате было промоделировано движение плазмы в магнитной трубке, установлена зависимость диаметра трубки от поля B . Получено радиальное распределение концентрации плазмы, ее скорости, токов вдоль магнитного поля и возмущений магнитных полей. Найдены признаки распространения быстрой альфвеновской и медленной магнитозвуковой волн.

Alfven and slow magnetosonic waves propagating in magnetic tubes on the surface of the Sun can be one of the causes of solar corona heating. Generation and propagation of these waves were studied at experimental Facility KI-1: high-vacuum chamber 5m in length and 1.2 m in diameter with applied external magnetic field B of up to 500 Gs. Laser plasma generated by focusing CO_2 laser pulse on flat polyethylene target propagated in the background plasma of hydrogen or helium generated by θ -pinch. As a result, propagation of plasma in the magnetic tube was simulated, the dependence of the diameter of the magnetic tube on the field B was found. Radial distribution of plasma density, speed, currents along the magnetic field and magnetic field perturbations were obtained. Evidence of propagation of fast Alfven wave and slow magnetosonic wave was found.

**АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ПЛАЗМЫ В СОЛНЕЧНОЙ ВСПЫШКЕ 12.06.2014 г.
ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ IRIS И RHESSI**

**¹В.М. Садыков, ¹И.Н. Шарыкин, ²А.Г. Косовичев, ¹И.В. Зимовец,
¹А.Б. Струминский, ³С. Варгас Домингес**

¹Институт космических исследований РАН, Москва, Россия
viacheslav.sadykov@gmail.com

²Исследовательский центр NASA Ames, Моффетт, Калифорния, США

³Национальная астрономическая обсерватория Национального Колумбийского университета,
Богота, Колумбия

**ANALYSIS OF PLASMA DYNAMICS
IN 12.06.2014 SOLAR FLARE FROM IRIS AND RHESSI OBSERVATIONS**

**¹V.M. Sadykov, ¹I.N. Sharykin, ²A.G. Kosovichev, ¹I.V. Zimovets,
¹A.B. Struminsky, ³S. Vargas Dominguez**

¹Space Research Institute of RAS, Moscow, Russia

²NASA Ames Research Center, Moffett Field, California, USA

³Observatorio Astronomico Nacional Universidad Nacional de Colombia, Bogota, Colombia

Представлены результаты анализа вспышки класса M1.0, произошедшей 12 июня 2014 г. (SOL2014-06-12T21:12), по данным наблюдений с космических аппаратов IRIS (Interface Region Imaging Spectrograph) и RHESSI (Reuven Ramaty High-Energy Solar Spectroscopic Imager). IRIS получал изображения и УФ-спектры высокого разрешения почти для всей вспышечной области. В результате анализа наблюдений IRIS в различных спектральных линиях обнаружен хромосферный поток плазмы с большим красным смещением (порядка 100 км/с) непосредственно перед вспышкой. Нетепловая эмиссия линии CII к переходной области наблюдается во время импульсной фазы вспышки в нескольких пространственно-локализованных точках (с характерным размером 1 угл. сек). Также найдено, что линия CII испытывает преимущественно красное смещение до, во время и после импульсной фазы вспышки. Пик интегральной эмиссии горячей (10 МК) плазмы в линии FeXXI 1354.1 Å зарегистрирован спустя примерно 5 мин после пика интегральной эмиссии линии CII к. Установлено, что линия FeXXI испытывает голубое смещение по периметру области, что соответствует испарению хромосферной плазмы со скоростями порядка 50 км/с. Дополнительный анализ данных RHESSI подтверждает, что динамика верхней хромосферы, наблюдавшаяся IRIS, находилась в соответствии с моделью мягкого

хромосферного испарения (gentle evaporation). Обсуждаются физические механизмы, которые могли привести к наблюдавшемуся хромосферному испарению.

We present results of analysis of a moderate M1.0 class flare of 12 June, 2014 (SOL2014-06-12T21:12) observed by NASA's Interface Region Imaging Spectrograph (IRIS) and by the Reuven Ramaty High-Energy Solar Spectroscopic Imager (RHESSI). Our analysis of the IRIS data in different spectral lines reveals strong redshifted jet-like flow with the speed of ~ 100 km/s of the chromospheric material before the flare. Strong nonthermal emission of the CII k 1334.5 Å line, formed in the chromosphere-corona transition region, is observed at the beginning of the impulsive phase in several small (with a size of ~ 1 arcsec) points. It is also found that the CII k line is redshifted across the flaring region before, during and after the impulsive phase. A peak of integrated emission of the hot (1.1 MK) plasma in the FeXXI 1354.1 Å line is detected approximately 5 minutes after the integrated emission peak of the lower temperature CII k. A strong blueshift of the FeXXI line across the flaring region corresponds to evaporation flows of the hot chromospheric plasma with a speed of 50 km/s. Additional analysis of the RHESSI data supports the idea that the upper chromospheric dynamics observed by IRIS has features of "gentle" evaporation driven by heating of the solar chromosphere by accelerated electrons and by a heat flux from the flare energy release site. The possible mechanisms which led to the observed chromospheric evaporation are discussed.

ПОИСК ИСТОЧНИКОВ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ МУЛЬТИ-ТэВ ЭНЕРГИЙ С ПОМОЩЬЮ УСТАНОВКИ TUNKA-HiSCORE

В.С. Самолига

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
vovaliga@mail.ru

SEARCHING FOR SOURCES OF MULTI-TeV COSMIC RAYS WITH SYSTEM TUNKA-HiSCORE

V.S. Samoliga

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Приводится краткое описание источников космических лучей и механизма формирования широких атмосферных ливней в атмосфере Земли. Показаны разница между космическими лучами и гамма-излучением от источников и роль последних в поисках источников. Описана установка Tunka-HiSCORE, изложены цели и задачи ее работы.

The description of sources of cosmic rays and the mechanism of development of extensive air showers are briefly given. The report shows the difference between cosmic rays and gamma rays and the role of gamma rays in searching for sources. The Tunka-HiSCORE system and its purposes and tasks are described.

АБСОЛЮТНАЯ КАЛИБРОВКА СОЛНЕЧНОГО РАДИОПОТОКА НА СПЕКТРОПОЛЯРИМЕТРЕ 4–8 ГГц

П.О. Сергеев, Д.А. Жданов, А.С. Сафьянников

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
stalkerpasha23@mail.ru

ABSOLUTE CALIBRATION OF SOLAR RADIO FLUX WITH 4–8 GHz SPECTROPOLARIMETER

P.O. Sergeev, D.A. Zhdanov, A.S. Safyannikov

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

Абсолютные измерения играют важную роль в астрономии. В то же время процедура абсолютной калибровки радиотелескопа является нетривиальной (сложной) задачей.

Мы стараемся решить эту задачу для спектрополяриметра 4–8 ГГц. Хотя он работает с 2010 г., тем не менее до настоящего момента получаемые спектральные данные не калиброваны. Мы в деталях обсуждаем полученные результаты и подходы, используемые для абсолютной калибровки спектрополяриметра 4–8 ГГц.

Absolute measurements play a major role in the astronomy. At the same time, a procedure of an absolute calibration of a radio telescope is a nontrivial task. We try to resolve this task for the 4–8 GHz spectropolarimeter. It is operating from 2010; nevertheless obtained spectral data are not calibrated yet. We discuss both results and approaches used for the 4–8 GHz spectropolarimeter calibration procedure in detail.

РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА ЧЕРЕНКОВСКОГО ТЕЛЕСКОПА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ

Л.В. Тимофеев, А.А. Иванов

Институт космофизических исследований и аэронавтики им. Ю.Г. Шафера, Якутск, Россия
bananasheaven@yandex.ru

DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE OF CHERENKOV TELESCOPE FOR STUDYING COSMIC RAYS

L.V. Timofeev, A.A. Ivanov

Yu.G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy SB RAS, Yakutsk, Russia

Представлены методика наблюдения черенковского света от широких атмосферных ливней (ШАЛ), порожденных космическими лучами (КЛ) с энергией выше 10^{16} эВ, и предварительные результаты наблюдений. Первым прототипом телескопа для изучения КЛ является широкоугольный черенковский телескоп на базе Hamamatsu R2486 и сферического зеркала, работающий на совпадение с сцинтилляционными детекторами, интегральными и дифференциальными черенковскими детекторами Якутской комплексной установки ШАЛ. Детектор расположен рядом (на расстоянии около 2 м) с одним из интегральных черенковских детекторов. Второй прототип черенковских детекторов представляет собой интегральный телескоп на линзах Френеля и ФЭУ ET Enterprises 9266В. В докладе детально представлены технические характеристики телескопов, а также результаты первых экспериментальных наблюдений.

This report presents an observation method of Cherenkov light from extensive air showers (EAS) generated by cosmic rays (CRs) above 10^{16} eV and preliminary observations. The interest in Cherenkov light differential detectors of EAS is caused by the possibility to measure the depth of cascade maximum, X_{\max} , and/or the shower age via angular and temporal distributions of the Cherenkov signal. In particular, it was shown using EAS model simulations that the pulse width measured at the periphery of the shower, $r > 300$ m, at sea level is pronouncedly connected with X_{\max} . Cherenkov detector is a wide-angle telescope working in coincidence with scintillation detectors, integral and differential Cherenkov detectors Yakutsk complex EAS. This provides the data on lateral distribution of photon intensity and total flux of Cherenkov light in EAS. The detector is located near (about 2 m) with one of the integral Cherenkov detector. This detector's signal was calibrated using plastic optical radiator. So, we have a possibility to normalize an integral signal from telescope to that of the Cherenkov detector. We have completed the field testing of the prototype wide FOV telescope. A number of EAS events are detected in coincidence with the surface detectors of the Yakutsk array. A detection efficiency of the telescope is measured as well as the effective radius of the telescope detecting area. The report details the technical specifications of the telescope, as well as the results of the first experimental observations.

ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИЙ МОДУЛЯТОР ПОЛЯРИЗОВАННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

А.Г. Цаюкова

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

THE ELECTRO-OPTICAL MODULATOR OF POLARIZED RADIATION

A.G. Tsayukova

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

В настоящее время мы сталкиваемся с проблемой создания надежных устройств модуляции поляризованного излучения, являющихся частью астрофизических приборов для мониторинга магнитных полей на Солнце. Действие таких устройств основано на использовании продольного эффекта Погкельса в пластине Z-среза электрооптического кристалла DKDP. Уровень надежности модулятора обуславливается свойствами и качеством оптической обработки электрооптического кристалла, конструкцией прибора в целом и условиями его эксплуатации. Модуляция в устройстве осуществляется путем приложения управляющего напряжения к граням электрооптического кристалла через прозрачное токопроводящее покрытие, напыленное непосредственно на кристалл. Это не только позволяет расширить рабочий диапазон частот и повысить точность измерений, но и предъявляет особые требования к качеству поверхности электрооптического кристалла.

Доклад содержит описание методов прецизионной обработки пластин кристалла DKDP и новых технологических решений в конструкции устройства. Проведено сравнение характеристик собранного электрооптического фазового модулятора с характеристиками модуляторов ранних конструкций. Проведены также испытания модулятора нового образца с целью расширения углового поля.

At the moment we are faced with the difficulties of manufacture of reliable modulation devices of polarized radiation that are part of astrophysical instruments for the measurements of solar magnetic fields. The effect of such devices based on the use of the longitudinal Pockels effect in Z-cut plate of electro-optical crystal DKDP (deuterated potassium dihydrogen phosphate). Reliability probability of the modulator depends on crystals properties and its optical processing, construction of the device and its operating conditions. Modulation in the device is executed by application of a control voltage to the faces of the electro-optical crystal by the use of a transparent conductive vacuum-deposited coating. This not only allows to extend the operating frequency range and to improve measurement accuracy, but also places special demands on surface's quality of the electro-optical crystal.

The report contains a description of the methods of precision processing of DKDP crystal plates and new technological solutions in the design of the modulator. The characteristics of the assembled electro-optical phase modulator are compared with the characteristics of early designed modulators. The testing in order to increase of the angular field of new designed modulators was also carried out.

ДИНАМИКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТОКОВ И ФОТОСФЕРНЫХ ТЕЧЕНИЙ ПЛАЗМЫ, НАБЛЮДАЕМАЯ В ПРОЦЕССЕ РАЗВИТИЯ НЕЭРУПТИВНОЙ СОЛНЕЧНОЙ ВСПЫШКИ

¹И.Н. Шарыкин, ¹В.М. Садыков, ²С. Варгас Домингес, ³А.Г. Косовичев

¹Институт космических исследований РАН, Москва, Россия
ivan.sharykin@phystech.edu

²Национальная астрономическая обсерватория Национального Колумбийского университета,
Богота, Колумбия

³Исследовательский центр NASA Ames, Моффетт, Калифорния, США

DYNAMICS OF ELECTRIC CURRENTS AND PHOTOSPHERIC PLASMA FLOWS OBSERVED DURING A NON-ERUPTIVE SOLAR FLARE

¹I.N. Sharykin, ¹V.M. Sadykov, ²S. Vargas Dominguez, ³A.G. Kosovichev

¹Space Research Institute RAS, Moscow, Russia

²Observatorio Astronomico Nacional Universidad Nacional de Colombia, Bogota, Colombia

³NASA Ames Research Center, Moffett Field, California, USA

Солнечная вспышка класса M1.0, произошедшая 12 июня 2014 г. в 21:01 UT, наблюдалась новым оптическим телескопом NST в составе обсерватории BBSO с помощью фильтра TiO и прибора VIS (линия H α). Во время данного события не наблюдалось эрупции магнитного волокна, что говорит о неприменимости стандартной модели эруптивной солнечной вспышки к данному событию. Наличие наблюдательных данных NST с высоким пространственным разрешением (вплоть до 0.09 угл. сек) и неэруптивная природа события являются главными критериями выбора данной солнечной вспышки. Целью работы является исследование роли физических процессов в нижней атмосфере в инициации и развитии вспыхечного процесса в выбранной солнечной вспышке. Проанализирована динамика электрических токов по векторным магнитограммам HMI/SDO, а также динамика течений плазмы в фотосфере по доплерограммам HMI/SDO. Установлено, что с солнечной вспышкой связаны перестройка фотосферных течений и уменьшение величины электрических токов, сконцентрированных около линии инверсии полярности магнитного поля. По данным наблюдений NST показано расширение магнитного жгута, расположенного в области фотосферных течений. Представленные наблюдательные данные свидетельствуют о том, что инициация выбранной солнечной вспышки связана с физическими процессами в плотной части солнечной атмосферы.

We present the case-study of the solar flare of 12 June, 2014 which was observed by the New Solar Telescope (NST) in Big Bear Solar Observatory using the TiO and H-alpha filters. During this event we did not observe eruption of the magnetic flux rope. This fact excludes the scenario of the standard model of an eruptive solar flare. We selected this solar flare due to its non-eruptive nature and availability of the high spatial resolution (up to 0.09 arcsec.) NST observations for this flare. The main scope of the work is to investigate a role of the physical processes in the lower solar atmosphere for the selected solar flare. We analyze dynamics of the electric currents and flows using vector magnetic field and Doppler velocity measurements made by HMI/SDO. We show that flare energy release is connected with redistribution of the photospheric flows and decreasing electric currents, concentrated near the magnetic field polarity inversion line. According to the NST observation we found magnetic flux rope expansion in the region of the intensified photospheric flows. Presented observational data argue for connection between physical process in the lower solar atmosphere and initiation of the selected solar flare.