

КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

СЕКЦИЯ А

АСТРОФИЗИКА И ФИЗИКА СОЛНЦА

ДИАГНОСТИКА МАГНИТНОГО ПОЛЯ В ОСНОВАНИИ КОРОНЫ СОЛНЦА МЕТОДАМИ ГИРОРЕЗОНАНСНОЙ МАГНИТОГРАФИИ

^{1,2}С.А. Анфиногентов

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

²Университет Уорика, Ковентри, Великобритания

anfinogentov@iszf.irk.ru

MAGNETIC FIELD DIAGNOSTICS AT THE BASE OF THE SOLAR CORONA USING THE MICROWAVE GYRORESONANT TECHNIQUES

^{1,2}S.A. Anfinogentov

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

²University of Warwick, Coventry, UK

Единственный доступный в настоящее время прямой способ измерения магнитного поля в короне Солнца состоит в анализе наблюдений в радиодиапазоне. В докладе рассмотрен метод измерения магнитного поля в основании короны по наблюдениям гирорезонансного радиоизлучения. Оно формируется в слоях солнечной атмосферы, где частота излучения совпадает с одной из гармоник гирочастоты (обычно 2-й или 3-й) и, следовательно, напрямую зависит от модуля магнитного поля. Поэтому детектирование гирорезонансного излучения на конкретной частоте указывает на то, что луч зрения пересекает область с соответствующим модулем магнитного поля, и дает нам ограничение снизу на поле в основании короны. В докладе представлены двухуровневые ($B > 680$ Гс и $B > 2020$ Гс) радиомагнитограммы ряда активных областей, полученные по наблюдениям на двух частотах: 5.7 ГГц (ССРТ) и 17 ГГц (NoRH). Кроме того, на примере Сибирского радиогелиографа (СРГ) показана возможность значительного повышения точности картографирования модуля магнитного поля за счет использования многоволновых наблюдений радиоизлучения Солнца, которые станут доступны после запуска радиогелиографов нового поколения (СРГ, EOVSА, MUSER).

Nowadays, observations and analysis of the solar radio emission is the only way for the direct measurements of the magnetic field in solar corona. In this talk, we discuss the magnetic field measurements using the microwave gyroresonant techniques. Microwave gyroresonant emission of solar active regions is formed in the layers of plasma where the absolute value of the magnetic field corresponds to one of the gyro-frequency harmonics (typically third or second). The detection of a gyroresonant emission at a certain frequency means that the line of sight crosses the layer with the corresponding magnetic field, giving us the lowest possible value of the field in the transition region. We present 2-level ($B > 680$ G и $B > 2020$ G) radiomagnetograms for a few active regions obtained from the microwave observations at 2 frequencies: 5.7 GHz (SSRT), and 17 GHz (NoRH). Also, we discuss the possibility of mapping the absolute value of the magnetic field at the base of the corona with significantly higher accuracy using the Siberian Radioheliograph (SRH) and other upcoming radioheliographs such as EOVSА and MUSER.

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ
КРУПНОМАСШТАБНЫХ КОРОНАЛЬНЫХ ВОЛН
С КОРОНАЛЬНЫМИ МАГНИТНЫМИ СТРУКТУРАМИ**

А.Н. Афанасьев

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

**NUMERICAL SIMULATION OF THE LARGE-SCALE CORONAL WAVE
INTERACTION WITH CORONAL MAGNETIC STRUCTURES**

A.N. Afanasyev

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

В работе рассматриваются крупномасштабные корональные ударные волны (EIT-волны) и их взаимодействие с крупномасштабными неоднородностями магнитного поля и параметров плазмы. С помощью кода Lare2d выполнено 2.5-мерное моделирование взаимодействия одиночной быстрой магнитозвуковой ударной волны слабой и умеренной интенсивности с областями повышенной и пониженной альфвеновской скорости. В результате моделирования получены прошедшие, отраженные и вторичные волны, регистрируемые в наблюдениях.

We consider large-scale coronal shock waves (EIT waves) and their interaction with large-scale non-uniformities of the background magnetic field and plasma parameters. Using the Lare2d code, we perform 2.5D simulations of the interaction of a single-pulse fast-mode MHD shock wave of weak-to-moderate intensity with regions of enhanced and reduced Alfvén speed. In our simulations we find the transmitted and reflected waves as well as secondary wave fronts, which are detected in observations.

**МЕТОДИКИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГИСТРАЦИИ
РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ ШАЛ НА УСТАНОВКЕ TUNKA-REX**

П.А. Безъязыков

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
domifa@rambler.ru

**TECHNIQUES FOR INCREASING EFFICIENCY
OF DETECTION RADIOEMISSION OF EXTENDED SHOWERS
IN TUNKA-REX EXPERIMENT**

P.A. Bez'yazykov

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Tunka-Rex регистрирует радиоизлучение ШАЛ в диапазоне 30–80 МГц. Для восстановления параметров ливня по данным радиоизлучения необходима высокая точность регистрации. Восстановление параметров осложнено шумами внешнего и внутреннего происхождения и зависимостью эффективности регистрации от направления прихода, сорта и энергии частицы, инициировавшей ливень, что вносит статистическую неточность в определение спектра и массового состава космических лучей. Для минимизации влияния шумов предлагается методика восстановления амплитуды зашумленного сигнала с помощью нейросети с использованием библиотек модельных сигналов и семплов реального шума, записанного на установке Tunka-Rex. Для повышения достоверности статистики предлагается расчет и ввод ограничений на углы прихода в зависимости от энергий первичных частиц, для которых детектор работает с полной эффективностью. Для разработки методов использовалось моделирование радиоизлучения ШАЛ методом Монте-Карло с применением программного обеспечения CoREAS.

Tunka-Rex measures radioemission of shower in band 30–80 MHz. Reconstruction of shower parameters by radio data needs high precision of detection. Parameters reconstruction is complicated by inner and outer background and dependence of detection efficiency on arrival direction, type and energy of primary particle initiates a shower. It gives statistical imprecision in estimation of energy spectrum and mass composition of cosmic rays. To minimize background influence we offer technique of noisy signal amplitude reconstruction using neural network with libraries of modelled signals and background samples, collected by Tunka-Rex. For increasing precision of statistics we calculated borders of arrival angles depends on energy of primary particle for full efficiency of detection. For development of this techniques we apply Monte-Carlo simulations of shower radioemission using CoREAS software.

**ИССЛЕДОВАНИЕ КРАТКОВРЕМЕННЫХ ВАРИАЦИЙ ВЕКТОРНОЙ
И ТЕНЗОРНОЙ АНИЗОТРОПИИ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ
НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ МАГНИТНОЙ ПРОБКИ**

П.Ю. Гололобов, П.А. Кривошапкин, Г.Ф. Крымский

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

**INVESTIGATION OF SHORT-TERM VARIATIONS OF VECTOR
AND TENSOR ANISOTROPIES
OF COSMIC RAYS USING MAGNETIC MIRROR MODEL**

P.Yu. Gololobov, P.A. Krivoshapkin, G.F. Krymsky

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

Исследуются вариации плотности, векторной и тензорной анизотропий космических лучей во время форбуш-понижений. Информация об угловом распределении космических лучей получена на основе данных мировой сети нейтронных мониторов с помощью метода глобальной съемки. Обнаружены резкие амплитудно-фазовые колебания анизотропии космических лучей, наблюдаемые во время форбуш-понижений неизвестного происхождения. Для объяснения полученных результатов разработана модель магнитной пробки, которая основана на кинетическом рассмотрении процесса модуляции и позволяет учитывать первые две сферические гармоники углового распределения космических лучей. Проведено сопоставление модельной функции распределения космических лучей с экспериментальными данными.

Variations of density, vector and tensor anisotropies of cosmic rays in the periods of Forbush decreases are investigated. The information about angular distribution of cosmic rays is obtained on the basis of the data of world-wide network of neutron monitors using the global survey method. Abrupt amplitude-phase oscillations of cosmic ray anisotropy during Forbush decreases of unknown origin are found. In order to explain the obtained results the model of magnetic mirror is proposed. The model is based on kinetic consideration of the modulation process and allows to count the first two spherical harmonics of cosmic ray angular distribution. A comparison of the model calculations and the experimental data is carried out.

ГОДОВЫЕ ВАРИАЦИИ ПЛОТНОСТИ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ

П.Ю. Гололобов, П.А. Кривошапкин, Г.Ф. Крымский

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

ANNUAL VARIATIONS OF COSMIC RAY DENSITY

P.Yu. Gololobov, P.A. Krivoshapkin, G.F. Krymsky

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

На основе данных мировой сети нейтронных мониторов исследуются сезонные вариации плотности космических лучей за 1953–2015 гг. и их связь с циклом солнечной активности. Показано, что плотность космических лучей испытывает годовые вариации с амплитудами порядка 1–2 %. Обнаружено существование годовой вариации плотности космических лучей определенной фазы в периоды максимумов солнечной активности. Обсуждаются возможные причины возникновения годовых вариаций, связанных с гелиоширотной асимметрией гелиосферы.

From the data of world-wide network of neutron monitors the seasonal variations of cosmic ray density and their relationship with solar activity cycle during the period 1953–2015 are investigated. It is shown that cosmic ray density experiences annual variations with the amplitudes around 1–2 %. The existence of annual variations of cosmic ray density of specific phase in the periods of solar maxima is found. The possible reasons for origin of the annual variations are discussed.

ДИАГНОСТИКА ПОПЕРЕЧНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В КОРОНАЛЬНЫХ СТРУКТУРАХ, СВЯЗАННЫХ С ТЕНЬЮ ПЯТНА, ПО НАБЛЮДЕНИЯМ 3-МИНУТНЫХ КОЛЕБАНИЙ

A.C. Дерес, С.А. Анфиногентов

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

deres@mail.iszf.irk.ru

DIAGNOSTICS OF A TEMPERATURE DISTRIBUTION IN THE CORONAL STRUCTURES ABOVE SUNSPOT UMBRA BY OBSERVING 3-MIN OSCILLATIONS

A.S. Deres, S.A. Anfinogentov

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

В работе рассмотрено использование медленных МГД-колебаний для диагностики поперечного распределения температуры в корональных структурах, видимых в КУФ-диапазоне и связанных с тенью солнечного пятна. Поскольку КУФ-излучение оптически тонкое, изображающие инструменты (например, SDO/AIA) регистрируют суммарное излучение всей плазмы, находящейся на луче зрения, что существенно осложняет интерпретацию наблюдений. Для решения этой проблемы в работе применяется метод прямого моделирования. Чтобы оценить влияние поперечного распределения температуры в корональных структурах на распространение медленных МГД-волн и их проявления в наблюдениях, мы провели численное МГД-моделирование (код Lare2d) распространения ММЗ-волн в трех типах структур: равномерное поперечное распределение температуры, а также случаи, когда центральная часть горячее или холоднее периферийной. С помощью метода прямого моделирования (код FoMo) на основе полученных моделей построены синтетические изображения в КУФ-диапазоне, и проведено их сравнение с наблюдениями 3-минутных колебаний по данным SDO/AIA. Выявлены основные особенности, позволяющие определить тип температурного распределения в корональных структурах по наблюдениям распространяющихся медленных МГД-волн.

We investigate the possibility of using slow MHD waves for the diagnostics of the transverse temperature profile in coronal structures above sunspots. Since the coronal EUV emission is optically thin, any EUV imaging instrument (like SDO/AIA) measures the emission integrated along the line of sight. Therefore, the interpretation of the EUV observations is a challenging

task. To establish the influence of the transverse temperature profile in a coronal structure on the observational manifestation of the propagating slow MHD waves, we performed MHD simulations of the slow MHD waves propagating in a coronal fan for three cases: an isothermal fan, a fan with a hotter core, and a fan with a colder core. Applying the FoMo forward modeling code to the simulation results, we created synthetic EUV images at different coronal wavelength and compared them with the SDO/AIA observations of 3-min oscillations. Specific features that allow us to distinguish between different temperature distributions are revealed and discussed.

ГЕНЕРАЦИЯ УДАРНОЙ ВОЛНЫ, СВЯЗАННОЙ С КВМ, В ПОЛЕ ЗРЕНИЯ КОРОНОГРАФА LASCO C3

Я.И. Егоров, В.Г. Файнштейн

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

CME-RELATED SHOCK GENERATION WITHIN THE LASCO C3 CORONAGRAPH FIELD-OF-VIEW

Ya.I. Egorov, V.G. Fainshtein

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

Ударные волны (УВ), связанные с корональным выбросом массы (КВМ), играют важную роль в формировании космической погоды, и при воздействии на магнитосферу Земли, определяют характеристики геомагнитных возмущений. Свойства УВ на орбите Земли во многом зависят от особенностей их генерации на Солнце. Существуют две точки зрения, касающиеся природы УВ, связанных с КВМ и наблюдающихся в поле зрения коронографов LASCO C2, C3. Согласно одной точке зрения, все такие УВ являются поршневыми с телом КВМ в качестве поршня, но сведения о том, где возникла такая УВ, для большинства анализировавшихся событий отсутствуют. Согласно другой точке зрения, по крайней мере часть таких УВ генерируется в нижней короне быстро ускоряющимся до относительно больших скоростей эруптивным волокном или магнитным жгутом (flux rope), возмущающим окружающую корону. Сразу после возникновения эта волна распространяется как взрывная и на достаточно большом удалении от места возникновения может начать вести себя как поршневая. Нам впервые удалось исследовать возникновение связанной с КВМ ударной волны в поле зрения коронографа LASCO C3, т. е. на относительно больших расстояниях. Рассматривался КВМ, впервые зарегистрированный в поле зрения LASCO C2 17 июля 2012 г. в 13:48 UT. Ударная волна возникла на расстоянии большем 12 радиусов Солнца, когда скорость тела КВМ превысила суммарную скорость $V_a + V_{sw}$, где V_a — алфвеновская скорость, V_{sw} — скорость солнечного ветра на оси тела КВМ. Сформировавшаяся ударная волна оказывается бесстолкновительной, так как ширина ее фронта во много раз меньше длины свободного пробега заряженных частиц корональной плазмы. Особенности анализируемого КВМ являются его формирование на относительно большой высоте и медленное нарастание скорости тела КВМ с расстоянием. Для нескольких моментов времени было найдено альфвеновское число Маха, а также сопоставлены вариации скорости УВ и тела КВМ — «поршня».

CME-driven shocks play an important role in space weather and in many cases determine the characteristics of geomagnetic disturbances when the shock wave acts on the Earth's magnetosphere. Properties of shock waves in the Earth's orbit largely depend on the features of their generation on the Sun. There are two points of view concerning the nature of CME-driven shock observed in the LASCO coronagraphs field of view. According to another view, at least some of these shock waves are generated in the lower corona by rapidly accelerating eruptive filament or flux rope perturbing the surrounding corona. Such shock wave spreads like an explosive one and,

at a sufficiently large distance from the place of origin, can begin to behave like a piston one. We first captured the appearance of a CME-driven shock in the LASCO C3 field of view, i.e. at relatively large distances. We study the CME of July 17, 2012. This CME was characterized by formation at a relatively high altitude and a slow acceleration. The shock wave arose at a distance greater than 12 solar radii when the velocity of the CME body exceeded the total velocity $V_a + V_{sw}$. Where V_a is the Alfvén speed, V_{sw} is the solar wind velocity. The generated shock wave seems to be collisionless, because the width of its front is many times smaller than the mean free path of the charged particles of the coronal plasma. The distribution of the Alfvén Mach number with distance was found.

ЭФФЕКТ P2P, ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ТРАССЕРОВ

^{1,2}**И. Живанович**, ¹**В.И. Ефремов**, ³**А. Риехокайнен**, ¹**А.А. Соловьёв**

¹Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, Санкт-Петербург, Россия
ivanzhiv@live.com

²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
³Обсерватория Туорла, Каарина, Финляндия

ARTIFACT P2P AS AN INSTRUMENT FOR THE STUDYING OF THE MOVEMENTS OF THE TRACCERS

^{1,2}**I. Zhivanovich**, ¹**V.I. Efremov**, ³**A. Riehoainen**, ¹**A.A. Solov'ev**

¹Central (Pulkovo) Astronomical Observatory RAS, Saint Petersburg, Russia

²Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

³Tuorla Observatory, Kaarina, Finland

Данные, получаемые с инструмента HMI на борту космического аппарата SDO, имеют угловое разрешение 1 угл. сек. Благодаря этому есть возможность исследования различных мелкомасштабных структур на солнечном диске. С использованием двухчасового ряда наблюдений инструмента HMI с помощью эффекта p2p была получена кривая дифференциального вращения Солнца, и проведено ее сравнение с кривыми, полученными ранее, в том числе и по наземным наблюдениям.

Data of the SDO/HMI with an angular resolution of 1 arcsecond give us a good opportunity to explore on small-scale structures the Sun using a specific p2p effect. The curve of the differential rotation obtained by the HMI data is compared with the curves, obtained earlier from the ground-based observations.

О ПОСТОЯНСТВЕ ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ КОРОНАЛЬНЫХ МАГНИТНЫХ ПЕТЕЛЬ

В.В. Зайцев, **П.В. Кронштадтов**

Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород, Россия
KronshtadtovPavel@ya.ru

CONSTANCY OF A CROSS SECTION OF CORONAL MAGNETIC LOOPS

V.V. Zaitsev, **P.V. Kronshtadtov**

Institute of Applied Physics RAS, Nizhny Novgorod, Russia

Наблюдения корональных магнитных петель Солнца свидетельствуют о постоянстве поперечного сечения вдоль всей длины. Данный факт очень интересен, так как длина корональных магнитных петель может достигать несколько масштабов высот неоднородно-

сти атмосферы и, следовательно, давление может различаться на порядок на разных высотах в магнитной петле. В работе рассмотрен баланс сил в стационарной магнитной трубке с током. Решено гидростатическое уравнение баланса сил в условиях постоянства продольного электрического тока и сохранения потока продольной компоненты магнитного поля. Получены зависимости радиуса магнитной петли от высоты при различных значениях плазменного параметра в магнитной петле. Показано, что если газокинетическое давление внутри трубки мало по сравнению с давлением продольного магнитного поля, то толщина трубки не меняется с высотой в короне, что характерно для большинства наблюдаемых в короне магнитных петель.

Coronal magnetic loop observations give evidence that the solar magnetic loop cross section is constant along all length. This is interesting, because coronal magnetic loop length can reach several height scales of the inhomogeneous atmosphere and therefore pressure may vary over the order of magnitude at different heights in a magnetic loop. A force balance in the stationary current-carrying magnetic loop is considered. The hydrostatic equation of the force balance is solved under the conditions of constant longitudinal electric current and the conservation of the longitudinal magnetic field flux. As a result, dependence of the magnetic loop radius on height in case of different plasma beta values in the magnetic loop footpoint is obtained. It is shown, that when gas-kinetic pressure inside the loop is small in comparison with the longitudinal magnetic field pressure, then the thickness of the loop is constant in the corona that is typical for the majority of the observed coronal magnetic loops.

МЕТОДИКА НАБЛЮДЕНИЯ ЧЕРЕНКОВСКОГО СВЕТА НА ЯКУТСКОЙ УСТАНОВКЕ ШАЛ

А.А. Иванов, Л.В. Тимофеев

Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю.Г. Шафера СО РАН, Якутск, Россия
timofeevlev@ikfia.ysn.ru

A TECHNIQUE FOR OBSERVING CHERENKOV LIGHT AT THE YAKUTSK EAS ARRAY

A.A. Ivanov, L.V. Timofeev

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 выше 10^{16} эВ, и предварительные результаты наблюдений. Детектором является широкоугольный черенковский телескоп, работающий на совпадение с сцинтилляционными детекторами, интегральными и дифференциальными черенковскими детекторами Якутской комплексной установки ШАЛ. Детектор расположен рядом (около 2 м) с одним из интегральных черенковских детекторов.

This paper presents a technique for observing Cherenkov light from extensive air showers (ESA) generated by cosmic rays above 10^{16} eV, as well as preliminary observations. The detector is a wide-angle Cherenkov telescope working on coincidence with scintillation detectors, integral and differential Cherenkov detectors of the Yakutsk EAS array. The detector is located near (about 2 m) one of the integral Cherenkov detectors.

НАБЛЮДЕНИЕ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ ШИРОКОУГОЛЬНЫМ ЧЕРЕНКОВСКИМ ТЕЛЕСКОПОМ

А.А. Иванов, Л.В. Тимофеев

Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю.Г. Шафера СО РАН, Якутск, Россия
timofeevlev@ikfia.ysn.ru

OBSERVATION OF COSMIC RAYS BY A WIDE-ANGLE CHERENKOV TELESCOPE

A.A. Ivanov, L.V. Timofeev

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

В докладе рассмотрены принцип работы черенковского широкоугольного телескопа и временные характеристики сигналов черенковского света от ШАЛ, полученные с помощью прототипа телескопа. Детектор работает на совпадение с сцинтилляционными детекторами, интегральными и дифференциальными черенковскими детекторами Якутской комплексной установки ШАЛ. Построен энергетический спектр, полученный с помощью прототипа.

In this paper, the principle of operation of the Cherenkov wide-angle telescope and the temporal characteristics of the signals of Cherenkov light from the EAS, obtained with the help of a prototype telescope, are considered. The detector works on coincidence with scintillation detectors, integral and differential cherenkov detectors of the Yakutsk EAS array. The energy spectrum obtained by the prototype.

О ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОМ РАСПОЛОЖЕНИИ ПРОТОННЫХ ВСПЫШЕК НА СОЛНЕЧНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Е.С. Исаева, ¹С.А. Язев, ²В.М. Томозов

¹Астрономическая обсерватория ИГУ, Иркутск, Россия

ele3471@yandex.ru

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

ON SPACE-TIME LOCATION OF PROTON FLARES ON THE SOLAR SURFACE

E.S. Isaeva, ¹S.A. Yazev, ²V.M. Tomozov

¹Astronomical Observatory of ISU, Irkutsk, Russia

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

Протонные вспышки следует относить к разряду наиболее сильных геоэффективных явлений, происходящих на Солнце. Подобные события экстремальной мощности неоднократно вызвали серьезные последствия в земных оболочках, включая техносферу. Начиная с 1976 г. ведется каталог наиболее сильных событий, влияющих на природную среду. Вспышки, включенные в упомянутый каталог, отобраны по количеству энергичных (более 10 МэВ) частиц. В докладе мы рассмотрим их пространственно-временное расположение на поверхности Солнца.

Proton flares should be classified as the most powerful geoeffective phenomena occurring on the Sun. Such events of extreme power repeatedly caused serious consequences in the Earth's shells, including the technosphere. Since 1976, the catalog of the most powerful events affecting the natural environment has been maintained. The outbreaks included in the catalog are selected according to the number of energetic (more than 10 MeV) particles. In the report, we will consider their spatial-temporal location on the surface of the Sun.

ВЫХОД УСКОРЕННЫХ ПРОТОНОВ В СОЛНЕЧНЫХ ЭРУПТИВНЫХ СОБЫТИЯХ

В.И. Киселёв, В.В. Гречнев, А.А. Кочанов, А.М. Уралов

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

valentin_kiselev@iszf.irk.ru

RELEASE OF PROTONS ACCELERATED IN SOLAR ERUPTIVE EVENTS

V.I. Kiselev, V.V. Grechnev, A.A. Kochanov, A.M. Uralov

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

Римс проанализировал дисперсии скоростей ионов разных энергий в 13 солнечных событиях 23-го цикла, вызвавших наземные возращения интенсивности космических лучей. Выход ионов у Солнца в межпланетное пространство оказался задержанным относительно вспышек, что считается подтверждением ускорения частиц ударной волной, возникающей перед корональным выбросом, скорость которого превысила альфвеновскую. Однако, согласно недавним результатам, ударная волна возникает уже в импульсной фазе вспышки. Возможно другое объяснение задержки выхода энергичных частиц. Часть ускоренных во вспышке электронов и ионов захватывается и переносится вверх расширяющимся магнитным жгутом. Последующее пересоединение жгута с открытыми корональными структурами открывает доступ в межпланетное пространство всем захваченным частицам. Для проверки этого сценария рассмотрены дека/гектометровые (ДГМ) всплески III типа, вызванные уходящими в межпланетное пространство электронами. В это же время возможен и выход тяжелых частиц. Мы сравнили оцененные для 13 событий времена их выхода с началом ДГМ-всплесков III типа. Для 11 событий разница не превысила пяти минут. Для двух событий оцененные времена выхода частиц оказались слишком поздними относительно как ДГМ-всплесков III типа, так и начала околоземных протонных возращаний. Вероятно, в этих случаях пути ионов разных энергий различались, что повлияло на результаты Римса. Рассмотренный сценарий решает проблему выхода ускоренных протонов из области вспышки, а близость вероятных времен выхода энергичных частиц и ДГМ-всплесков III типа подтверждает ускорение частиц вспышечными процессами.

Reames made velocity dispersion analysis of different-energy ions in 13 events of solar cycle 23 responsible for ground-level enhancements of cosmic-ray intensity. The estimated solar particle release time is delayed with respect to flares. This result is considered as confirmation of particle acceleration by a shock wave driven by a coronal mass ejection exceeding the Alfvén speed. However, recent results show that a shock wave appears during the flare impulsive phase. Another explanation of a delayed particle escape is possible. Some part of electrons and ions accelerated in a flare is trapped in an expanding magnetic flux rope. A later reconnection between the flux rope and an open coronal structure grants all trapped particles the access to the interplanetary space. To verify this scenario, we consider deca/hectometric (DH) type III bursts produced by escaping electrons. Release of heavy particles is possible at the same time. We compared their release times estimated for 13 events with onset times of DH type III bursts. The difference did not exceed five minutes for 11 events. In two events, the estimated particle escape times were too late relative to both DH type III bursts and the onset of near-Earth proton enhancements. Probably, the paths of different-energy ions were not identical in these events that affected the results of Reames. The scenario considered addresses the challenge of release of accelerated protons from the flare region. The closeness of the probable release times of energetic particles and DH type III bursts confirms acceleration of particles by flare processes.

ОБЪЕДИНЕННАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМО И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ВРАЩЕНИЯ

Л.Л. Кичатинов, А.А. Непомнящих

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

A JOINED MODEL FOR SOLAR DYNAMO AND DIFFERENTIAL ROTATION

L.L. Kitchatinov, A.A. Nepomnyashchikh

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

Развита модель солнечного динамо, согласованная по используемым в ней крупномасштабным течениям и численным методам с моделью дифференциального вращения. Турбулентная диффузия магнитного поля выражена через градиент энтропии, который определяется уравнениями модели. Значение магнитного числа Прандтля и распределение альфа-эффекта по широте определены из требования соответствия расчетных периода цикла активности и экваториальной симметрии магнитного поля наблюдениям. При этом моменты обращения знака полярного поля и широтно-временные распределения полей также приходят в соответствие с наблюдениями. Полоидальное поле достигает максимальной величины около 10 Гс в полярных областях. Тороидальное поле в несколько тысяч гаусс локализовано у основания конвективной оболочки и переносится меридиональным течением к экватору. Модель предсказывает величину около 10^{37} эрг для полной магнитной энергии крупномасштабных полей в конвективной оболочке Солнца.

A model for solar dynamo concerted in the employed global flow and the numerical method with the differential rotation model is developed. The magnetic turbulent diffusivity is expressed in terms of the entropy gradient, which is controlled by the model equations. The magnetic Prandtl number and latitudinal profile of the alphaeffect are specified by fitting the computed period of the activity cycle and the equatorial symmetry of magnetic fields to observations. Then, the times of polar field reversals and time-latitude diagrams of the fields come in agreement with observations as well. The poloidal field has a maximum amplitude of about 10 Gs in polar regions. The toroidal field of several thousand Gauss is localised near the base of the convection zone and transported towards the equator by the meridional flow. The model predicts the value of about 10^{37} erg for the total magnetic energy of large-scale fields in the solar convection zone.

РАДИОИЗЛУЧЕНИЕ ШАЛ С ЭНЕРГИЕЙ ВЫШЕ 10 ЭэВ

С.П. Кнуренко, И.С. Петров

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

AIR SHOWER RADIO EMISSION WITH ENERGY MORE THAN 10 EeV

S.P. Knurenko, I.S. Petrov

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

Приводятся результаты, полученные из измерений радиоизлучения на частоте 30–35 МГц от частиц широкого атмосферного ливня с энергией выше 10^{19} эВ. Данные получены на Якутской установке ШАЛ за 1986–1989 и 2009–2014 гг. Впервые было зарегистрировано радиоизлучение от ШАЛ с энергией выше 10^{20} эВ, в том числе и радиоизлучение в ливне с рекордной для Якутской установки энергией $\sim 2 \cdot 10^{20}$ эВ.

The paper presents the results, obtained from measurements of radio emission at frequency 30–35 MHz of air showers with energy more than 10^{19} eV. The data obtained at the Yakutsk array in 1986–1989 and 2009–2014. For the first time radio emission of the air shower with energy more than 10^{20} eV was registered at the Yakutsk array including radio emission of shower with the energy as high as $\sim 2 \cdot 10^{20}$ eV.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ И ГЛУБИНЫ МАКСИМУМА РАЗВИТИЯ ШАЛ МЕТОДОМ РЕГИСТРАЦИИ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ НА ЧАСТОТЕ 30–35 МГц

С.П. Кнуренко, И.С. Петров

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

DETERMINATION OF THE ENERGY AND DEPTH OF MAXIMUM OF EAS BY RADIO EMISSION METHOD AT 30–35 MHz FREQUENCY

S.P. Knurenko, I.S. Petrov

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

В данной работе приводится описание Якутской радиоустановки и методы регистрации радиоизлучения ШАЛ сверхвысоких энергий. Установлена связь амплитуды радиоизлучения с характеристиками широких атмосферных ливней. Приводятся формула связи амплитуды радиоизлучения с энергией ливня и соотношение амплитуды радиоизлучения на разных расстояниях от оси ливня с глубиной максимума развития ШАЛ X_{\max} .

The paper presents the Yakutsk radio array description and methods of radio emission registration of air showers of ultra-high energies. Correlation of radio emission amplitude with air shower characteristics are considered. Formulas of energy determination and depth of maximum by radio emission amplitude are presented.

АНАЛИЗ ПОМЕХ, ВЛИЯЮЩИХ НА ДАННЫЕ СИБИРСКОГО РАДИОГЕЛИОГРАФА

V.S. Kobets, S.V. Lesovoi

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
Veronikakobets@yandex.ru

ANALYSIS OF INTERFERENCE AFFECTING THE DATA OF THE SIBERIAN RADIOHELIOGRAPH

V.S. Kobets, S.V. Lesovoi

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

В настоящее время запущена первая очередь многочастотного радиогелиографа, состоящая из 48-антенной Т-образной решетки и приемной системы, обеспечивающей апертурный синтез [Lesovoi et al., 2012, 2014]. Один из видов данных радиогелиографа — корреляционные кривые [badary.iszf.irk.ru/srhCorrPlot.php], которые получают путем суммирования комплексных ковариаций, вычисляемых для различных пар антенн. Поскольку ковариация сигналов от пары антенн соответствует определенной пространственной гармонике, каждую точку корреляционной кривой можно рассматривать как интеграл по пространственному спектру наблюдаемого объекта. Пределы интегрирования определяются задачей. Для получения динамики только компактных объектов суммируются значения только высоких гармоник пространственного спектра. Для получения максимальной чувствительности суммируется весь спектр. Данные радиогелиографа подвержены ряду естественных и техногенных помех. В работе показано, как учитывать при обработке данных гелиографа фоновое излучение подстилающей поверхности, излучение геостационарных спутников и радаров самолетов.

The first phase of the Siberian Radioheliograph (SRH) is a 48-antenna array. One type of radioheliograph data represents correlation plots. In evaluating the covariation of two-level signals, these plots are sums of complex correlations, obtained for different antenna pairs. Bearing in mind that correlation of signals from an antenna pair is related to a spatial frequency, we can say that each value of the plot is an integral over a spatial spectrum. Limits of the integration are defined by a task. Only high spatial frequencies are integrated to obtain dynamics of compact sources while the whole spectrum is integrated to reach maximum sensitivity. These data are affected by the some interference: the radio emission of the geostationary satellites for the about 0 declination, the forest emission especially for negative declinations. In this work we show how to mitigate the influence of these interferences on the correlation plots of the SRH.

**КОРОНАЛЬНЫЕ ПОЛЯРНЫЕ ДЖЕТЫ ПО ДАННЫМ STEREO
В ПЕРИОД С 2009 ПО 2014 г.**

А.В. Кудрявцева, Д.В. Просовецкий

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

CORONAL POLAR JETS OBSERVED WITH STEREO DURING 2009–2014

A.V. Kudryavtseva, D.V. Prosovetsky

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

На изображениях солнечной короны можно наблюдать джеты — струи вещества в потоках солнечного ветра, движущиеся радиально от Солнца. Мы проанализировали изображения, полученные коронографами STEREO в белом свете с 2009 по 2014 г., и определили характеристики джетов в полярных областях короны Солнца. Учитывались только те джеты, которые не были последствиями корональных выбросов массы (КВМ), что проверялось по каталогам КВМ. Были определены размеры джетов и радиальные скорости, изменение их количества с течением времени. Была изучена также корреляция с наличием полярных корональных дыр в ультрафиолете, и проведено сравнение характеристик джетов в северной и южной полусферах.

On the solar corona images inside solar wind streams observed jets – flows of matter driven radially outward the Sun. We analyzed white-light images producing by coronagraphs COR2/STEREO during 2009–2014 years and determined jet characteristics in polar regions of solar corona. Jets that connecting with coronal mass ejection (CME) were exclude from our investigation by CME catalogues. There were determined sizes and radial velocities, jet number variation during researched period. Also were calculated correlation between jets and visibility of coronal holes in UV on solar poles. Comparison between all jet characteristics in northern and south solar hemispheres was done.

ОЦЕНКА АЛЬФА-ЭФФЕКТА ТЕОРИИ ДИНАМО ПО ДАННЫМ НАБЛЮДЕНИЙ

С.В. Латышев

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

ESTIMATION OF DYNAMO THEORY ALPHA-EFFECT FROM OBSERVATION DATA

S.V. Latyshev

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

По данным наблюдений произведена оценка вклада нелокального альфа-эффекта в глобальное полоидальное магнитное поле Солнца. Результаты сопоставлены с полярным магнитным полем за последние четыре цикла солнечной активности. Расчеты подтверждают действие механизма Бэбкока—Лейтона на Солнце. Выявленные закономерности исследованы в численной модели динамо с нерегулярными изменениями альфа-эффекта.

The contribution of nonlocal alpha-effect to the Sun's global poloidal magnetic field is estimated from observation data. The results are compared with the polar magnetic field for the last four cycles of solar activity. Calculations confirm the action of the Babcock—Leighton mechanism on the Sun. The revealed regularities have been investigated in the numerical dynamo model with irregular changes in the alpha effect.

ТЕПЛОВАЯ НЕУСТОЙЧИВОСТЬ ПЕРЕСОЕДИНЯЮЩЕГО ТОКОВОГО СЛОЯ В СОЛНЕЧНЫХ ВСПЫШКАХ

Л.С. Леденцов, Б.В. Сомов

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

THERMAL INSTABILITY OF THE RECONNECTING CURRENT LAYER IN SOLAR FLARES

L.S. Ledentsov, B.V. Somov

Sternberg Astronomical Institute, Moscow State University, Moscow, Russia

С целью интерпретации современных спутниковых наблюдений последовательного увеличения яркости отдельных корональных петель в солнечных вспышках мы решили задачу об устойчивости малых продольных возмущений однородного пересоединяющего токового слоя в МГД-приближении. Условием неустойчивости служит эффективное подавление теплопроводности плазмы возмущением магнитного поля внутри слоя. Неустойчивость в линейной фазе нарастет за характерное время лучистого охлаждения плазмы. В результате неустойчивости в токовом слое образуется периодическая структура холодных и горячих волокон, расположенных поперек направления электрического тока. Предлагаемый механизм тепловой неустойчивости пересоединяющего токового слоя может быть полезен для объяснения последовательного увеличения яркости, «поджига», вспыхивающих петель во вспышках.

With the purpose of interpreting modern satellite observations of successively increasing the brightness of individual coronal loops in solar flares, we solved the problem of the stability of small longitudinal perturbations of a homogeneous reconnecting current layer in the MHD approximation. The suppression of the plasma thermal conductivity by the magnetic field inside the current layer provides an instability. The instability increases in a radiative cooling time scale of the plasma in the linear phase. A periodic structure of hot and cold fibers arranged transversely to the direction of the electric current are formed as a result of the instability. The proposed mechanism of the thermal instability can be useful for an explanation of the consistent increase in the brightness of individual coronal loops in solar flares.

РАННИЕ ОПТИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ ГЛОБАЛЬНОЙ СЕТЬЮ ТЕЛЕСКОПОВ-РОБОТОВ МАСТЕР 10 ГАММА-ВСПЛЕСКОВ В СРАВНЕНИИ С ИХ ГАММА-РЕНТГЕНОВСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

¹В.М. Липунов, ¹Е.С. Горовской, ¹В. Корнилов, ¹Д. Кувшинов, ¹Н. Тюриня,
¹П. Балануца, ¹А. Кузнецов, ¹В.В. Чазов, ¹Д. Власенко, ²К. Иванов, ²О.А. Гресс,
²Н.М. Буднев, ²С.А. Язев, ²О. Чувалаев, ²В.А. Полещук, ²О.А. Ершова, ³А. Тлатов,
³В. Сеник, ³А.В. Пархоменко, ³Д. Дормидонтов, ⁴В. Юрков, ⁴А. Габович,
⁴Ю. Сергиенко, ⁵Р. Подеста, ⁵К. Лопес, ⁵Ф. Подеста, ⁶Х. Левато, ⁶К. Саффе, ⁷Р. Реболо,
⁷М. Серра, ⁷Н. Лодью, ⁷Г. Израелян, ⁷Л. Суарес-Андрес, ⁸Д. Бакли, ⁸С. Поттер,
⁸А. Князев, ⁸М. Котце

¹Государственный астрономический институт им. П.К. Штенберга, МГУ им. М.В. Ломоносова,
Москва, Россия

²Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
oliteya@gmail.com

³Кисловодская горная астрономическая станция ГАО РАН, Кисловодск, Россия

⁴Амурский государственный университет, Благовещенск, Россия

⁵Обсерватория им. Феликса Агилара (ОАФА), Сан-Хуан, Аргентина

⁶Институт астрономических наук, Земли и космоса (ICATE), Сан-Хуан, Аргентина

⁷Канарский институт астрофизики, Санта-Крус-де-Тенерифе, Испания

⁸Южноафриканская астрономическая обсерватория, Кейптаун, ЮАР

EARLY OPTICAL OBSERVATIONS WITH GLOBAL ROBOTIC TELESCOPE NET MASTER OF 10 GAMMA-RAY BURSTS COMPARED WITH GAMMA-X-RAY DATA

¹V.M. Lipunov, ¹E.S. Gorovskoi, ¹V. Kornilov, ¹D. Kuvshinov, ¹N. Tyurina,
¹P. Balanutsa, ¹A. Kuznetsov, ¹V.V. Chazov, ¹D. Vlasenko, ²K. Ivanov, ²O. A. Gres',
²N.M. Budnev, ²S.A. Yazev, ²O. Chuvalaev, ²V.A. Poleshchuk, ²O. Ershova, ³A. Tlatov,
³V. Senik, ³A.V. Parkhomenko, ³D. Dormidontov, ⁴V. Yurkov, ⁴A. Gabovich, ⁴Yu. Sergienko,
⁵R. Podesta, ⁵C. Lopez, ⁵F. Podesta, ⁶H. Levato, ⁶C. Saffe, ⁷R. Rebolo, ⁷M. Serra,
⁷N. Lodieu, ⁷G. Israelyan, ⁷L. Suarez-Andres, ⁸D. Buckley, ⁸S. Potter,
⁸A. Knyazev, ⁸M. Kotze

¹Lomonosov Moscow State University, Sternberg Astronomical Institute of MSU, Moscow, Russia

²Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

³Kislovodsk Solar Station of the Pulkovo Observatory, Kislovodsk, Russia

⁴Amur State University, Blagoveshchensk, Russia

⁵Félix Aguilar Observatory (OFA), San Juan, Argentina

⁶Institute of Astronomy, Earth and Space Sciences (ICATE), San Juan, Argentina

⁷The Institute of Astrophysics of the Canary Islands (IAC), Santa Cruz de Tenerife, Spain

⁸South African Astronomical Observatory (SAAO), Cape Town, Republic of South Africa

В работе представлены данные для 10 гамма-всплесков GRB (Gamma-Ray Bursts): 130907A, 140311B, 140129B, 120106A, 120404A, 110801A, 141225A, 151027B, 151021A, 120811C, полученные с помощью Глобальной сети МАСТЕР (Мобильная астрономическая система телескопов-роботов). Полная автоматизация наблюдений позволила получить уникальные данные по раннему оптическому излучению. Проведено сравнение полученных результатов с рентгеновским (использованы данные SWIFT X-ray Telescope (XRT)) и гамма- (использованы данные SWIFT Burst Alert Telescope (BAT)) излучениями.

Результатом исследования стало выделение двух групп гамма-всплесков по критериям корреляции кривых блеска. Первая группа характеризуется антикорреляцией кривых блеска в гамма- и оптическом диапазонах и, следовательно, имеет различную природу генерации излучения. Во вторую группу вошли коррелирующие кривые блеска, что позволяет определить общую природу возникновения оптического и гамма-излучения — столкновения.

По поведению кривых блеска можно выделить два случая:

Кривая блеска в гамма-диапазоне не коррелирует с оптической кривой блеска, что предполагает разную природу возникновения гамма- и оптического излучения. Так, в этом случае оптическое излучение может быть сгенерировано обратной ударной волной, возникающей, в свою очередь, в результате взаимодействия выброса с окружающей средой. Используемый механизм — синхротронное излучение.

Кривые блеска коррелируют. Соответственно, определяется общий механизм их возникновения. Оптическое излучение в этом случае служит индикатором джета, изолированного от межзвездной среды. Излучение возникает в результате столкновения внутренних ударных волн. Используемые механизмы — синхротронный, обратный комптон-эффект.

In the present study is considered the results for 10 gamma-ray bursts 130907A, 140311B, 140129B, 120106A, 120404A, 110801A, 141225A, 151027B, 151021A, 120811C that is obtained with Global Robotic Telescopes Net MASTER. Full automated observations allowed to get unique data for early optical emission. The obtained results is compared with x-ray emission (with the use of SWIFT orbital observatory's data) and gamma-emission (with the use of SWIFT Burst Alert Telescope's data).

In this work we divide a representative group in two classes by the correlation criteria. Also a spectral index was obtained for each grb and the interval of indices for each group. The first group show anticorrelation of the light curves in gamma-optical band, so it can argue to different origins of emission. In the second group the correlated light curves were added that can be a reason for a general nature of optical and gamma-emission.

So we can present two groups:

A gamma light curve is anticorrelate with an optical light curve that argue to the different origin for gamma and optical emission. In this way, an optical emission can be generated by a reverse shock wave, that starts from an interaction between an ejecta and circumstellar medium. It is used the synchrotronous emission effect.

Light curves are correlate. So, it can be a reason for their general origin. In this case, the optical emission indicates a jet, that is close from interstellar medium. It uses both synchrotron and reverse Compton effects.

РАЗРАБОТКА ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ СОЛСИТ

Л.С. Лоптева, Г.И. Кушталь, В.А. Прошин, В.И. Скоморовский

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

DEVELOPMENT OF POLARIZATION DEVICES FOR SOLSYT

L.S. Lopteva, G.I. Kushtal, V.A. Proshin, V.I. Skomorovsky

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

СОЛСИТ (солнечный синоптический телескоп) предназначается для исследования магнитных полей на Солнце с высоким пространственным разрешением. С помощью анализатора поляризации будут одновременно измеряться все четыре параметра Стокса. Из-за большого размера изображения солнечного диска диаметр поляризационной оптики должен быть не менее 70 мм. Это требует разработки методики отбора оптически однородных кристаллов, технологии их обработки и контроля. Работа содержит описание изготовления электрооптических модуляторов (ЭОМ) на основе кристаллов DKDP и фазовых пластинок из кварца нулевого порядка диаметром 70 мм.

SOLSYT (the SOLAR Synoptic Telescope) is designed to research magnetic fields on the Sun with high spatial resolution. All four Stokes parameters will be measured simultaneously with the help of the polarization analyzer. The diameter of the polarization optics should be at least 70 mm because the image of the solar disk has the large size. This requires the development of a methodology for selecting optically homogeneous crystals, the technology of their processing and control. This article contains a description of the fabrication of electro-optical phase modulators (EOM) based on DKDP crystals and phase plates of quartz of zero order of diameters of 70 mm.

РОЛЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ И РЕКОМБИНАЦИИ В ФОРМИРОВАНИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ СОЛНЕЧНЫХ ВСПЫШЕК

М.С. Малышев

Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия
mix.malyshev@yandex.ru

THE ROLE OF ELECTRIC FIELD AND RECOMBINATION IN FORMATION OF SOLAR FLARES IMAGES

M.S. Malyshev

Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russia

Рассмотрена модель, в которой формирование изображений солнечных вспышек связано с рекомбинационным свечением ионов, ионизованных внутри Солнца. В рамках данной модели построены траектории движения ионов над активными областями в элек-

трическом и гравитационном полях. Полученные изображения вспышек представляют собой корональные структуры типа дуги, петли, арки и т. д.

We considered a model in which the formation of solar flare images is associated with recombination luminescence of ions ionized inside the Sun. In the framework of this model, trajectories of ion motion over active regions in electric and gravitational fields are constructed. The resulting images of flares are coronal structures such as arcs, loops, arches, etc.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ФОРМЫ РАДИОСИГНАЛА ШАЛ ОТ ЗЕНИТНОГО УГЛА И РАССТОЯНИЯ ДО ОСИ ЛИВНЯ

Т.Н. Маршалкина (от коллаборации Tunka-Rex)

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
marshalkintatjana@rambler.ru

INVESTIGATION OF THE DEPENDENCE OF EAS RADIO SIGNAL SHAPE ON THE ZENITH ANGLE AND THE DISTANCE TO THE SHOWER AXIS

T.N. Marshalkina (for the Tunka-Rex Collaboration)

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

В данной работе представлены результаты исследования формы радиосигнала от широких атмосферных ливней в зависимости от зенитного угла и расстояния до оси ливня на основе моделирования с помощью программы CoREAS. Создана библиотека шаблонов радиосигналов, которая включена в программную платформу Offline для осуществления согласованной фильтрации сигналов от широких атмосферных ливней, регистрируемых в эксперименте Tunka-Rex.

In this paper, the results of a study of the pulse shape from extensive air showers, depending on the zenith angle and the distance to the shower axis, are presented. A library of templates of radio pulses was created and included in the Offline software platform with aim to implement matched filtering to radio pulses from extensive air showers registered in the Tunka-Rex experiment.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИИ ИЗЛУЧЕНИЯ СЕЙФЕРТОВСКИХ ГАЛАКТИК

А.Г. Михайлов

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, Санкт-Петербург, Россия
mag10629@yandex.ru

MODELING THE POLARIZATION OF RADIATION OF SEYFERT GALAXIES

A.G. Mikhailov

Central (Pulkovo) Astronomical Observatory RAS, Saint Petersburg, Russia

Представлены результаты моделирования поляризации излучения сейфертовских галактик с использованием кода STOKES. Исследовано влияние размеров пылевого тора и области широких эмиссионных линий, угла раскрытия конических оттоков, скорости и плотности электронов в оттоках на поляризационные характеристики излучения. Полученные результаты используются для интерпретации измерений поляризации, представленных в литературе.

We present the results of modeling the polarization of the emission of Seyfert galaxies using the STOKES code. The effect of the sizes of a dust torus and the region of broad emission lines, the angle of opening of conical outflows, the velocity and density of electrons in outflows

on the polarization characteristics of radiation are investigated. The results obtained are used to interpret the polarization measurements presented in the literature.

ПОСЛЕДНИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА TUNKA-GRANDE

Р.Д. Монхоев (от коллаборации Tunka)

Научно-исследовательский институт прикладной физики,
Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
makaay08@rambler.ru

LATEST RESULTS OF THE TUNKA-GRANDE EXPERIMENT

R.D. Monkhoev (for the Tunka Collaboration)

Applied Physics Institute, Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Сцинтилляционная установка Tunka-Grande входит в состав единого экспериментального комплекса, расположенного в Тункинской долине (Республика Бурятия, Россия) в 50 км от оз. Байкал. Данный комплекс также включает в себя установку Тунка-133 и установку Tunka-Rex. Задачей совместной работы установок является изучение энергетического спектра и массового состава первичных космических лучей в диапазоне энергий 10–1000 пэВ, а также поиск диффузного гамма-излучения в диапазоне энергий 50–500 пэВ. Приводится описание экспериментального комплекса и представляются результаты работы установки Tunka-Grande. Также указываются перспективы исследования космических лучей при одновременной регистрации черенковской и заряженной компонент и радиоизлучения ШАЛ. В заключение обсуждается подход к изучению диффузного гамма-излучения.

The Tunka-Grande scintillator array is a part of the single experimental complex located in the Tunka Valley (Republic of Buryatia, Russia) about 50 km from Lake Baikal. This complex also includes the Tunka-133 array and Tunka-Rex array. The purpose of this complex is the study of the primary cosmic rays energy spectrum and mass composition in the energy range from 10 peV to 1000 peV and search for the diffuse gamma-rays in the energy range from 50 peV to 500 peV. We describe the design of the experimental complex and present the results of the Tunka-Grande operation. The prospects of studying the primary cosmic rays during simultaneous registration of the radio emission, Cherenkov and charged particle components of extensive air showers are provided. Finally we discuss an approach for diffuse gamma-rays study.

ФЛЕЙВОРНЫЕ И ЗАРЯДОВЫЕ ОТНОШЕНИЯ АТМОСФЕРНЫХ НЕЙТРИНО ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

¹А.Д. Морозова, ²А.А. Кочанов, ³Т.С. Синеговская, ⁴С.И. Синеговский

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия
refriz@yandex.ru

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

³Иркутский государственный университет путей сообщения, Иркутск, Россия

⁴Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

FLAVOUR AND CHARGE RATIOS OF HIGH-ENERGY ATMOSPHERIC NEUTRINOS

¹A.D. Morozova, ²A.A. Kochanov, ³T.S. Sinegovskaya, ⁴S.I. Sinegovsky

¹M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

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

³Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russia

⁴Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Отношения нейтрино/антинейтрино ($\nu_e/\bar{\nu}_e, \nu_\mu/\bar{\nu}_\mu$) и флейворные отношения $\nu_\mu/\nu_e, \bar{\nu}_\mu/\bar{\nu}_e, (\nu_\mu + \bar{\nu}_\mu)/(\nu_e + \bar{\nu}_e)$ отчетливо показывают различие предсказаний моделей адронных взаимодействий для спектров рождения π - и K -мезонов — основных источников атмосферных нейтрино при $E_\nu \leq 500$ ТэВ. Величины $\nu_e/\bar{\nu}_e, \nu_\mu/\bar{\nu}_\mu$ чувствительны к отношениям $\pi^+/\pi^-, K^+/K^-$ и π/K , которые определяются сечениями инклюзивных процессов рождения мезонов в hA -соударениях; элементный состав космических лучей через p/n -отношение также влияет на развитие адронного каскада ШАЛ и нейтринные отношения. На основе расчета потоков нейтрино в интервале энергий 10^2 – 10^8 ГэВ показано различие $\nu/\bar{\nu}$ и флейворных отношений для ряда адронных моделей. Сравнительный анализ характеристик потока атмосферных нейтрино, рассчитанных в рамках двух разных подходов — метода $Z(E, h)$ -функций и метода матричных каскадных уравнений (MCEq), показал хорошее их согласие по абсолютной величине и форме энергетических спектров ($\nu_\mu + \bar{\nu}_\mu$) и $(\nu_e + \bar{\nu}_e)$. Парциальные вклады электронных нейтрино также близки в этих двух схемах расчета, однако парциальные вклады от распада $K_{L\mu 3}^0$ заметно различаются.

The neutrino to antineutrino ratios, ($\nu_e/\bar{\nu}_e, \nu_\mu/\bar{\nu}_\mu$), and neutrino flavor ones, $\nu_\mu/\nu_e, \bar{\nu}_\mu/\bar{\nu}_e, (\nu_\mu + \bar{\nu}_\mu)/(\nu_e + \bar{\nu}_e)$ clearly display a discrepancy between predictions of different hadronic models for π and K yield which are major atmospheric neutrino sources up to $E_\nu \leq 500$ TeV. Ratios $\nu_e/\bar{\nu}_e, \nu_\mu/\bar{\nu}_\mu$ are sensitive to $\pi^+/\pi^-, K^+/K^-$ and π/K -ratios, depending on meson production cross-sections in hA -collisions. The cosmic-ray composition due to p/n ratio also affects the hadronic cascade evolution and neutrino ratios. Basing on calculations of the atmospheric neutrino spectra in the energy range 10^2 – 10^8 GeV we display differences of $\nu/\bar{\nu}$ and the flavor ratio for the set of hadronic models. Comparative analysis of atmospheric neutrino fluxes, calculated in framework of the two methods — $Z(E, h)$ functions approach and the Matrix Cascade Equations method (MCEq), demonstrates the close agreement of both calculations.

РЕЗУЛЬТАТЫ ПЕРВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ НОВОГО СОЛНЕЧНОГО СПЕКТРОПОЛЯРИМЕТРА МЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА (ССМД)

^{1,2}Н.О. Муратова, ¹А.А. Муратов, ¹Л.К. Кашапова

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

²Астрономический институт, Академия наук Чешской Республики, Прага, Чешская Республика
muratova@mail.iszf.irk.ru

THE FIRST OBSERVATION RESULTS OF THE NEW SOLAR METER-WAVE SPECTROPOLARIMETER (SSMD)

^{1,2}N.O. Muratova, ¹A.A. Muratov, ¹L.K. Kashapova

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

²Astronomical Institute, Academy of Sciences of the Czech Republic, Prague, Czech Republic

В апреле 2016 г. новый солнечный спектрополяриметр метрового диапазона (ССМД) начал наблюдения в тестовом режиме в Радиоастрофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН (ур. Бадары). Основной технической задачей при проектировании ССМД было создание радиоспектрографа метрового диапазона, оснащенного цифровым приемником, имеющего улучшенные характеристики в сравнении с пока еще широко распространенными аналоговыми устройствами, а также записывающего полный набор параметров Стокса. В докладе будут представлены характеристики и особенности нового инструмента и результаты первых наблюдений.

The new Solar Meter-wave Spectropolarimeter (SSMD) started the test observations in the Radioastrophysical Observatory (Badary) ISTP SB RAS in April of 2016. Main technical tasks of SSMD design and realization were to create the meter range radiospectrograph equipped by the digital receiver having advanced characteristics in comparison with still widespread analog devices and also recording the full set of Stokes parameters. In this contribution we will summarize the parameters and features of the new instrument and present results of the first observations.

СТАТУС ЭКСПЕРИМЕНТА TAIGA-HiSCORE

А.Л. Пахорук

Научно-исследовательский институт прикладной физики,
Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
pal.27@yandex.ru

STATUS OF THE TAIGA-HiSCORE EXPERIMENT

A.L. Pakhorukov

Scientific Research Institute of Applied Physics,
Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

В Тункинской долине начиная с 2012 г. создается широкоугольная черенковская установка TAIGA-HiSCORE, предназначенная для регистрации гамма-квантов и космических лучей посредством широких атмосферных ливней. TAIGA-HiSCORE входит в состав гамма-обсерватории TAIGA, нацеленной на проведение исследований в области гамма-астрономии ультравысоких энергий (выше 30 ТэВ) и физики космических лучей. Установка состоит из широкоугольных оптических станций (с апертурой 0.6 ср), расположенных на расстоянии примерно 106 м друг от друга. В статье приводятся описание конструкции оптической станции и статус установки на текущем этапе развертывания.

Wide-Angle Cherenkov Array TAIGA-HiSCORE is under construction in the Tunka valley since 2012. It purposed to register gamma-quanta and cosmic rays by means of extensive air showers. TAIGA-HiSCORE is one part of Gamma-Observatory TAIGA aiming at carrying out the research in the field of gamma astronomy of ultra high energy (higher than 30 TeV) and cosmic ray physics. The array consist of wide-angle optical stations (0.6 sr) placed at distances of 106 m. The article gives a description of optical station construction and status of the array at current stage of development.

ТЕОРИЯ ФОРБУШ-ПОНИЖЕНИЯ В МАГНИТНОМ ОБЛАКЕ

А.С. Петухова, И.С. Петухов, С.И. Петухов

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

THEORY OF FORBUSH DECREASE IN A MAGNETIC CLOUD

A.S. Petukhova, I.S. Petukhov, S.I. Petukhov

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

Представлена модель форбуш-понижения в магнитном облаке. Выполнен расчет моментов функции распределения космических лучей в зависимости от времени. Результаты расчета в общем согласуются с измерениями интенсивности космических лучей наземными детекторами. Установлена определяющая роль структуры магнитного поля (magnetic flux rope) в динамике форбуш-понижения. Выявлено существенное влияние областей, соединяющих магнитное облако с Солнцем, на распределение космических

лучей в области возмущения. Получено, что продолжительность восстановления фобуш-понижения определяется ориентацией магнитного облака и уменьшением магнитного поля при его расширении.

A model of Forbush decrease in a magnetic cloud is presented. We calculate moments of the particle distribution function depending on time. The calculated results of cosmic ray intensity generally agree with the observed ones in events registered by ground based detectors. It is found that the magnetic flux rope is of great importance in dynamics of Forbush decrease. The regions connecting a magnetic cloud with the Sun (the loop legs) significantly influence the particle distribution inside the disturbance. The duration of Forbush decrease recovery time is determined by the magnetic cloud orientation and the magnetic field decrease during its expansion.

ТОРОИДАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ БЕССИЛОВОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

А.С. Петухова, И.С. Петухов, С.И. Петухов

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

TOROIDAL MODELS OF THE FORCE-FREE MAGNETIC FIELD

A.S. Petukhova, I.S. Petukhov, S.I. Petukhov

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

Выполнены расчеты моментов функции распределения космических лучей для разных моделей магнитного поля (magnetic flux rope) в магнитном облаке. Проведено сопоставление результатов расчета с измерениями интенсивности космических лучей наземными детекторами. Результаты могут быть использованы при определении свойств магнитных облаков.

We calculate moments of the particle distribution function for different models of the magnetic flux rope in a magnetic cloud. The calculated results of cosmic ray intensity are compared with the observed ones in events registered by ground based detectors. These results can be used to determine properties of magnetic clouds.

ПОИСК ИСТОЧНИКОВ НЕЙТРИНО СВЕРХВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ В ОПТИЧЕСКОМ ДИАПАЗОНЕ ГЛОБАЛЬНОЙ СЕТЬЮ МАСТЕР

¹Ю.В. Рабинович, ¹О.А. Гресс, ^{2,3}В.М. Липунов

¹Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
sunny.rabinovich@mail.ru

²Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга МГУ, Москва, Россия

³Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

SEARCHING OF SOURCES OF ULTRAHIGH ENERGIES NEUTRINO IN THE OPTICAL RANGE BY GLOBAL MASTER NETWORK

¹Yu.V. Rabinovich, ¹O.A. Gress, ^{2,3}V.M. Lipunov

¹Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

²Sternberg Astronomical Institute, Moscow State University, Moscow, Russia

³Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Работа посвящена наблюдению в оптическом диапазоне телескопами сети МАСТЕР квадратов ошибок наблюдений нейтринной обсерватории IceCube. Проведен поиск возможных источников нейтрино сверхвысоких энергий. В качестве источников предполагались известные в оптическом диапазоне квазары, гамма-всплески, взрывы сверхновых.

Соответствующих явлений не обнаружено. Составлен список квазаров, лежащих в квадратах ошибок в спокойном состоянии. В квадратах ошибок и вблизи них были обнаружены вспышки катаклизмических переменных. После открытия первого радиопульсара на белом карлике ясно, что такие системы могут быть источниками релятивистских частиц. А значит, в числе потенциальных источников нейтрино могут быть галактические звездные системы. Показано, что поток релятивистских частиц от белого карлика в области 100 парсек соответствует потоку частиц от квазара. Разработана методология поиска пульсаров на белых карликах как источников нейтрино.

We were observing error-boxes of Neutrino Observatory IceCube in optical range, searching for known types of possible sources of ultrahigh energies neutrino. The expected phenomena were not revealed. We found a number of quasars in a quiet state in error-boxes. We found flashes of cataclysmic variables into and near to error-boxes. After exploration of the first radio pulsar on the white dwarf it has become clear that such systems can be sources of relativistic particles. Therefore, there can be galactic star systems among potential sources of a neutrino. We carried out calculation of relativistic particles stream from the white dwarf in the area of 100 parsec. It corresponds to a particle stream from a quasar. By the known pulsar observations we made up methodology of white dwarf's pulsars neutrino sources searching by the MASTER telescopes.

МОДИФИЦИРОВАННОЕ УРАВНЕНИЕ ДЕВИАЦИИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ В МЕТРИКЕ ШВАРЦШИЛЬДА

А.М. Расулова

Институт озераведения РАН, Санкт-Петербург, Россия
ARasulova@gmail.com

GENERALIZED GEODESIC DEVIATION EQUATION IN THE SCHWARZSCHILD METRIC

A.M. Rasulova

Institute of Limnology RAS, Saint Petersburg, Russia

Проведен анализ модифицированного уравнения девиации геодезических в сферически-симметричной метрике Шварцшильда. В отличие от обычного уравнения девиации геодезических, которое описывает отклонение двух бесконечно близких геодезических, с помощью модифицированного уравнения девиации геодезических можно описать любые две геодезические с произвольными касательными векторами, не обязательно параллельными. Проанализированы знаки второй производной компонент вектора девиации, которые отвечают за расхождение (положительный) или сближение (отрицательный) геодезических.

Generalized geodesics deviation equation in the Schwarzschild spherically symmetric metric is analyzed. In contrast to a usual geodesics deviation equation describing the deflection of two infinitely near geodesics, the generalized equation deviation equation may help to describe any two geodesics, with arbitrary tangent vectors, not necessarily parallel. The sign of the second derivative of the components deviation vector is analyzed that is responsible for the geodesics divergence (positive) or the geodesics converge (negative).

НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ НЕУПРУГИЕ АТОМНЫЕ СТОЛКНОВЕНИЯ КАЛЬЦИЯ И ВОДОРОДА

Д.С. Родионов, Д.В. Власов, Я.В. Воронов, С.А. Яковлева, А.К. Беляев

Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена,
Санкт-Петербург, Россия
dsrodionov@herzen.spb.ru

LOW-ENERGY INELASTIC ATOMIC COLLISIONS OF CALCIUM AND HYDROGEN

D.S. Rodionov, D.V. Vlasov, Ya.V. Voronov, S.A. Yakovleva, A.K. Belyaev

Herzen State Pedagogical University of Russia, Saint Petersburg, Russia

Кальций является альфа-элементом, производимым сверхновыми, и представляет интерес при изучении звездных атмосфер в условиях отклонения от локального термодинамического равновесия. Процессы взаимной нейтрализации различных элементов представляют интерес с точки зрения как фундаментальной науки, так и прикладных исследований, например, при моделировании фотосферы Солнца и газовых лазеров. Проанализированы доступные квантово-химические данные для системы Ca+H и Ca⁺+H⁻. Для выполнения динамических расчетов проведена процедура диабатизации квантово-химических данных и сконструированы атомные данные в гибридном представлении. На конференции будут представлены результаты расчетов вероятностей неупругих переходов, сечений и констант скоростей, необходимых при моделировании атмосфер звезд.

Calcium is an alpha element produced by supernovae and is of interest for non-local thermodynamic equilibrium modeling of stellar atmospheres. In addition to astrophysical interest, the processes of mutual neutralization for various elements are of interest from both the fundamental and practical points of view, for example, for modeling the solar photosphere and gas lasers. The available quantum-chemical data for the system Ca+H and Ca⁺+H⁻ are analyzed. For nuclear dynamical calculation, the diabaticization procedure was performed and atomic data were constructed in a hybrid representation. The calculated inelastic transition probabilities, cross sections and rate coefficients will be represented at the conference, the data required for modeling of stars's atmospheres.

ГЕНЕРАЦИЯ УДАРНЫХ МГД-ВОЛН В ВЕРХНИХ СЛОЯХ СОЛНЕЧНОЙ ХРОМОСФЕРЫ МАГНИТНЫМИ ПОЛЯМИ, ВСПЛЫВАЮЩИМИ С ПОДФОТОСФЕРНОГО УРОВНЯ

¹К.В. Романов, ¹Д.В. Романов, ²М.В. Еселевич

¹Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева, Красноярск, Россия
k-v-romanov@ya.ru

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

GENERATION OF MHD SHOCK WAVES IN UPPER CHROMOSPHERE OF THE SUN BY MAGNETIC FIELDS EMERGING FROM SUBPHOTOSPHERIC LEVEL

¹K.V. Romanov, ¹D.V. Romanov, ²M.V. Eselevich

¹V.P. Astafyev Krasnoyarsk State Pedagogical University, Krasnoyarsk, Russia

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

Исследуется волновая природа аномального прогрева нижних слоев солнечной атмосферы. Ранее было получено, что в солнечной хромосфере феномен аномального прогрева обусловлен диссипацией энергии газодинамических ударных волн, генерируемых колебаниями крупномасштабных магнитных полей ниже фотосферного уровня. Прогрев газодинамическими ударными волнами обеспечивает подъем температуры газа до 10⁵ К в верхних слоях хромосферы, где значения плотности газа относительно малы. Поэтому при наличии даже слабых магнитных полей разогрев нижних слоев короны Солнца обеспечивается диссипацией ударных МГД-волн. Исследуется нелинейная фаза развития неустойчивости Паркера в коротковолновой части спектра ($m \geq 20$) с учетом токового прогрева магнитной трубки вдоль силовых магнитных линий. При подъеме магнитного поля до высот верхней хромосферы магнитные поля начинают тормозиться, и генерация

ударных МГД-волн выше этого уровня прекращается, что объясняет наличие двухступенчатого подъема температуры в нижних слоях атмосферы Солнца по эффекту аномального прогрева.

We analyze wave nature of anomalous heating of the lower solar atmosphere. Hydrodynamical shock wave heating is able to increase temperature up to 10^5 K in the upper chromosphere. Density of plasma in the upper chromosphere is negligible compared to the photosphere, and at that height a presence of even weak magnetic field can support heating of lower corona of the Sun due to dissipation of weak MHD shock waves. Goal of the paper is to study physical mechanism of generation of steady flux of MHD shock waves in upper chromosphere. Nonlinear stage of development of Parker instability is investigated for shortwave part of spectrum ($m \geq 20$). Modeling takes into account heat transport along magnetic field. It is shown that emerging magnetic field starts to slow down in upper chromosphere and generation of MHD shock waves stops at that heights. It may explain the step rise of temperature in the lower atmosphere.

**ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭВОЛЮЦИИ ЖЕСТКОГО РЕНТГЕНОВСКОГО
И МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ВСПЫШЕК,
ПРОИЗОШЕДШИХ В АКТИВНЫХ ОБЛАСТЯХ
С РАЗЛИЧНОЙ МАГНИТНОЙ ТОПОЛОГИЕЙ**

А.Е. Рудель

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
wayaaway@gmail.com

**CHARACTERISTICS OF EVOLUTION OF THE HARD X-RAY
AND MICROWAVE EMISSION OF SOLAR FLARES OCCURRED
IN ACTIVE REGIONS OF DIFFERENT MAGNETIC TOPOLOGY**

A.E. Rudel

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Целью данной работы является изучение корреляции между эволюцией вспышечной активности и развитием активных областей. В настоящей работе были изучены такие параметры, как задержки между жестким рентгеновским и микроволновым излучением, наличие или отсутствие спорадических радиособытий II и III типов, а также позиции вспышек в активных областях (АО) по отношению к магнитной структуре активной области. Для проведения исследования были использованы данные, полученные в процессе прохождения по диску Солнца АО 8806 (18–29 декабря 1999 г.), 10375 (1–13 июня 2003 г.) и 10652 (19–27 июля 2004 г.). Данные по жесткому рентгеновскому излучению были получены из наблюдений «Конус-Винд». Для анализа микроволнового излучения были использованы данные сети солнечных радиотелескопов (RSTN). Полученные результаты обсуждаются с точки зрения эволюции магнитной топологии активной области.

The target of this research is to study correlation between flare characteristics evolution and evolution of active region (AR). We have studied such parameters as hard X-ray (HXR) spectral index, delays between HXR and microwave emission, the presence or absence of sporadic radio events like type II and type III as well as the flare positions in AR relative to magnetic topology. We analyzed AR 8806 (December 18–29, 1999), AR 10375 (June 1–13, 2003) and AR 10652 (July 19–27, 2004). The HXR characteristics were obtained from the Konus-Wind observations. The microwave characteristics were analyzed based on data of Radio Solar Telescope Net (RSTN). Results are discussed from the point of view of evolution of the magnetic topology of the active region.

**МОДЕРНИЗАЦИЯ СОЛНЕЧНЫХ ТЕЛЕСКОПОВ
ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ АДАПТИВНОЙ ОПТИКИ**

И.В. Русских, А.Ю. Шиховцев, С.А. Чупраков, В.А. Пуляев

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

SOLAR TELESCOPES DEVELOPMENT TO USE ADAPTIVE OPTICS SYSTEM

I.V. Russkikh, A.Yu. Shikhovtsev, S.A. Chuprakov, V.A. Pulyaev

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

Рассматриваются вопросы, связанные с развитием многозеркальной адаптивной оптики (АО), обеспечивающей высокое разрешение фильтровых систем крупных солнечных телескопов. Создаваемые оптические инструменты позволят продвинуться в понимании механизмов переноса энергии в солнечной атмосфере и построении согласованных моделей фотосфера—хромосфера—корона. В работе обсуждаются подходы к созданию схем АО для оптимального использования светового потока, включая АО с двумя датчиками волнового фронта.

Issues related to development of the multi-mirror adaptive optics (AO) providing high resolving power for large solar telescopes' filter systems are considered. Designed optical instruments allow to improve the understanding the mechanisms of energy transport in the solar atmosphere and the construction of advanced models of the photosphere—chromosphere—corona. Approaches to design AO for optimal light using including an AO with two wavefront sensors are discussed.

АНАЛИЗ КОРРЕЛЯЦИИ ИМПУЛЬСОВ УСТАНОВКИ HiSCORE

В.С. Самолига

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

ANALYSIS OF CORRELATION OF HiSCORE PULSES

V.S. Samoliga

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Установка HiSCORE — сеть широкоугольных детекторов черенковского излучения широких атмосферных ливней. В качестве отклика на ливни в детекторах формируются электрические импульсы. В то время как стандартные методы анализа ливней используют только параметры импульсов, в настоящей работе используются полные осциллограммы импульсов и исследуется степень их схожести для детекторов, расположенных симметрично относительно оси ливня.

The HiSCORE is an array of wide-angle detectors of Cherenkov light generated in extensive air showers. As a response to showers the detectors give electric pulses. Whereas standard shower analysis methods use only parameters of the pulses, in this work full pulse oscillograms are used and their similarity is studied for the detectors placed symmetrically about the shower axis.

**ПРЯМЫЕ АТМОСФЕРНЫЕ НЕЙТРИНО
В МОДЕЛИ КВАРК-ГЛЮОННЫХ СТРУН**

М.Н. Сороковиков, С.И. Синеговский

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

**PROMPT ATMOSPHERIC NEUTRINO
IN THE QUARK-GLUON STRING MODEL**

M.N. Sorokovikov, S.I. Sinegovsky

¹Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Выполнен расчет потока прямых атмосферных нейтрино в интервале энергий $1-10^5$ ТэВ, генерируемых в распадах очарованных частиц. Сечения рождения очарованных D -мезонов и Λ_c -барионов в pA - и πA -соударениях рассчитаны в феноменологической модели кварк-глюонных струн (МКГС), значения свободных параметров которой были уточнены на основе данных измерений в экспериментах на Большом адронном коллайдере. Рассчитанный поток прямых атмосферных нейтрино не противоречит ограничению, установленному в эксперименте IceCube. Приведено также сравнение с результатами расчетов авторов, использующих другие модели рождения чарма.

We calculate the prompt atmospheric neutrino flux in the energy range of $1-10^5$ TeV arising from decays of the charmed particles. Cross sections of D -mesons and Λ_c -baryons production in pA - and πA -collisions are calculated with the phenomenological quark-gluon string model (QGSM), free parameters of which were improved using measurement data of the LHC experiments. Predicted prompt neutrino flux is compatible with the constraint obtained in IceCube experiment. Also we compare our calculation with other predictions obtained for different charm production models.

**КОЛЕБАНИЯ И СТРУКТУРНАЯ ЭВОЛЮЦИЯ
МЕЛКОМАСШТАБНЫХ МАГНИТНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ НА СОЛНЦЕ**

**П.В. Стрекалова, ²А. Риехокайнен, ^{1,2}В.В. Смирнова,
¹А.А. Соловьев, ¹Ю.А. Наговицын**

¹Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, Санкт-Петербург, Россия
auriga-lynx@yandex.ru

²Университет Турку, Турку, Финляндия

**OSCILLATIONS AND STRUCTURAL EVOLUTION
OF SMALL-SCALE MAGNETIC FORMATIONS ON THE SUN**

P.V. Strekalova, ²A. Riehoainen, ^{1,2}V.V. Smirnova, ¹A.A. Solov'ev, ¹Yu.A. Nagovitsin

¹Central (Pulkovo) Astronomical Observatory RAS, Saint Petersburg, Russia

²University of Turku, Turku, Finland

Были проанализированы длинные квазипериодические колебания мелкомасштабных магнитных структур, наблюдаемых на солнечной фотосфере, а также в трех спектральных УФ-линиях (1600, 1700 и 304 Å). Проведено исследование взаимосвязи между значениями магнитного поля, временем жизни и периодами длинноволновых квазипериодических колебаний мелкомасштабных магнитных структур. Основной целью работы был подробный анализ структурной и временной эволюции мелкомасштабных магнитных структур, наблюдаемых в солнечной атмосфере. Структурная эволюция объектов прослеживалась в течение их жизни. Время жизни каждой структуры было разделено на три фазы: фаза роста, квазистабильная фаза и фаза разрушения. Квазипериодические колебания с периодами в диапазоне 18–200 мин были обнаружены в квазистабильной фазе жизни структур. Получены зависимости между временем жизни и максимальным значением магнитного поля исследуемых объектов, а также между временем жизни и периодами колебаний. Обнаружены связи между магнитными образованиями в фотосфере и яркими структурами в УФ-линиях 1600, 1700 и 304 Å. Те же периоды колебаний интенсивности были определены при анализе временных рядов этих линий.

Long quasi-periodic oscillations of small-scale magnetic structures observed on solar photosphere as well as at three UV spectral lines (1600, 1700, and 304 Å) are analyzed. The study of the relations between the values of the magnetic field, the lifetime, and the period of long quasi-periodic oscillations of small-scale magnetic structures was done. The detailed analysis of the structural and the temporal evolution of small-scale magnetic structures observed in solar atmosphere was the main goal of this work. Structural evolution of small-scale magnetic formations was traced during the life-time. The lifetime of each structure was divided into three phases: the growth phase, the quasi-stable phase, and the destruction phase. Long quasi-periodic oscillations with periods in range of 18–200 minutes were found during the quasi-stable phase of the lifetime of structures. The dependencies between the lifetime and the maximum value of the magnetic field of small-scale magnetic structures, as well as, between the lifetime and the periods of oscillations were obtained. The relations between the magnetic formations at the photosphere and the bright structures at 1600, 1700, and 304 Å UV lines were found. The same periods of oscillations were defined in time-series analysis of these lines.

ИССЛЕДОВАНИЕ МАКЕТА ПОЛЯРИМЕТРА СОЛСИТ

В.Е. Томин, А.В. Киселёв, И.В. Русских

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

STUDY OF SOLSYT POLARIMETER MOCKUP

V.E. Tomin, A.V. Kiselev, I.V. Russkikh

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

Создание спектрополяриметров для измерения магнитных полей является актуальной задачей приборостроения. Измерение полного вектора Стокса предъявляет жесткие требования к поляриметру из-за низкого уровня сигнала линейной поляризации. Проведено математическое моделирование поляриметра СОЛСИТ. Показана оптимальность модуляционных схем из шести состояний модуляции, в том числе упрощенного варианта оптической схемы поляриметра. Исследована возможность использования макета для многоволновых наблюдений с подстройкой только напряжений ЭОП-модуляторов. Проведена калибровка макета спектрополяриметра в лаборатории и на телескопе АСТ ССО для разных длин волн, что позволило учесть ошибки юстировки и получить сигналы поляризации и магнитного поля.

Design of polarimeter for measurement of magnetic fields is actual task of astrophysical instrument creation. Measurement of full Stokes vector imposes tight requirements for polarimeter because of weak linear polarization level. Mathematical modeling of SOLSYT polarimeter was conducted. Optimality of 6-states modulation schemes presented, including simplified polarimeter optical scheme. Possibility to use of this mockup for multiwavelength observation with only tuning of electrooptical modulators drive voltage is studied. Mockup spectropolarimeter was calibrated in laboratory and on site on AST SSO telescope for different wavelength. It allows to account alignment errors and obtain signals of polarization and magnetic field.

АНАЛИЗ СПЕКТРА МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ЗАЛИМБОВОЙ ВСПЫШКИ 1 СЕНТЯБРЯ 2014 г.

М.С. Горопова

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

ANALYSIS OF THE SPECTRUM OF MICROWAVE RADIATION OF THE BEHIND-THE-LIMB SOLAR FLARE ON SEPTEMBER 1, 2014

M.S. Toropova

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Солнечные вспышки, произошедшие на обратной стороне Солнца и сопровождающиеся очень быстрыми корональными выбросами и мощными событиями солнечных космических лучей, представляют интерес как для исследователей физики солнечных эруптивных событий, так и для тех, кто занимается явлениями космической погоды. Примером такого события является вспышка 1 сентября 2014 г., произошедшая в активной области с координатами N14E126 [Pesce-Rollins et al., 2016]. В данном событии был зарегистрирован чрезвычайно высокий уровень микроволнового излучения на частотах до 16 ГГц, что необычно для событий такого типа. Авторы [Pesce-Rollins et al., 2016] выдвинули гипотезу о том, что частицы были ускорены на ударных волнах коронального выброса и вынесены этими волнами на видимую поверхность Солнца. Eoin, Vilmer [2016] сделали предварительные оценки магнитного поля, предполагая, что микроволновое излучение имеет гиросинхротронную природу, принадлежит корональному выбросу и формируется в нижней короне Солнца. Задачей данной работы является оценка магнитного поля на основе моделирования спектра микроволнового излучения с помощью программы GX_Simulator [Nita et al., 2005]. В качестве параметров тепловой вспышечной плазмы используются стандартные значения (температура, плотность). Параметры ускоренных частиц (спектральный индекс, плотность потока ускоренных электронов) были оценены на основе результатов, полученных в работе [Pesce-Rollins et al., 2016]. Для расчетов было использовано магнитное поле, полученное из магнитограмм HMI/SDO. Результаты моделирования сравниваются с наблюдавшимся микроволновым спектром и обсуждаются с точки зрения различных гипотез его возникновения.

The behind-the-limb solar flares that accompanied by very rapid coronal emissions and powerful events of solar cosmic rays are of interest both for researchers in the physics of solar eruptive events and for those involved in space weather phenomena. An example of such an event is a flare on September 1, 2014, which occurred in the active area with coordinates N14E126 [Pesce-Rollins et al., 2016]. In this event, an unusually high level of microwave radiation at frequencies up to 16 GHz was recorded, which is unusual for this type of event. The authors [Pesce-Rollins et al., 2016] hypothesized that the particles were accelerated on shock waves of coronal ejection and carried by these waves to the visible surface of the Sun. Eoin, Vilmer [2016] made preliminary estimates of the magnetic field, suggesting that microwave radiation has a gyrosynchrotron nature, belongs to a coronal discharge and is formed in the low corona of the Sun. The task of this paper is to estimate the magnetic field on the basis of modeling the spectrum of microwave radiation using the GX_Simulator program [Nita et al., 2005]. The standard values (temperature, density) are used as parameters of a thermal flare plasma. The parameters of the accelerated particles (spectral index, flux density of accelerated electrons) were estimated on the basis of the results obtained in the paper [Pesce-Rollins et al., 2016]. For calculations, a magnetic field obtained from the magnetograms HMI/SDO was used. The simulation results are compared with the observed microwave spectrum and are discussed from the point of view of various hypotheses of its occurrence.

РАЗВИТИЕ УСТАНОВКИ TUNKA-REX

О.Л. Фёдоров

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
offedoroff@yandex.ru

DEVELOPMENT OF TUNKA-REX FACILITY

O.L. Fedorov

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Установка Tunka-Rex создана на базе установки Tunka-133 в 2012 г. Изначально массив насчитывал 18 антенных станций, подключенных к системе сбора данных установки Tunka-133. В такой конфигурации детектор Tunka-Rex работал только в течение темных безлунных ночей. В 2015 г. количество антенных станций было увеличено до 44, в 2016 г. до 63. В настоящей работе представлены последние результаты, полученные на установке Tunka-Rex, а также затрагиваются аспекты эксплуатации установки.

The Tunka-Rex facility is based on Tunka-133 in 2012. Initially, the array consisted of 18 antenna stations connected to the Tunka-133 data acquisition system. In this configuration, the Tunka-Rex detector worked only during dark moonless nights. In 2015 the number of antenna stations was increased to 44, and in 2016 to 63. In this work, the latest results of the Tunka-Rex facility are presented, and the aspects of its operation, also, are shown.

ПЕРВЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЭРУПТИВНОГО ПРОТУБЕРАНЦА, ЗАРЕГИСТРИРОВАННОГО СИБИРСКИМ РАДИОГЕЛИОГРАФОМ, В ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ 4–8 ГГц

1А.Ю. Федотова, ¹А.Т. Алтынцев, ¹С.В. Лесовой, ^{1,2}А.А. Кочанов

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

FIRST OBSERVATION OF AN ERUPTIVE FILAMENT IN RANGE 4–8 GHz RECORDED THE SIBERIAN RADIOHELIOGRAPH

¹A.Yu. Fedotova, ¹A.T. Altyntsev, ¹S.V. Lesovoi, ^{1,2}A.A. Kochanov

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

Регулярные наблюдения Солнца с помощью многоволнового Сибирского радиогелиографа (СРГ) в диапазоне частот 4–8 ГГц были начаты в 2016 г. СРГ представляет собой 48-элементный Т-образный радиоинтерферометр. Изображения Солнца формируются посредством апертурного фурье-синтеза. 25 июня 2016 г. СРГ зарегистрировал в диапазоне частот 4–8 ГГц эруптивный протуберанец, который наблюдался в восточной части солнечного лимба с 01:47 UT по 03:15 UT. По данным орбитальной обсерватории SDO/AIA, залимбовый протуберанец лучше всего наблюдался в каналах 171, 304, 131, 335 и 094 Å. Проводились также сравнения изображений с LASCO.

Regular observations of the Sun with multiwave Siberian Radioheliograph (SRH-48) in the frequency range of 4–8 GHz were started at 2016. SRH-48 is 48-element T-shaped radiointerferometer. The images of the Sun are created via Fourier aperture synthesis. At 25 June 2016 the SRH-48 registered eruptive filament in the range of 4–8 GHz, which was observed in the eastern part of solar limb from 01:47 UT to 03:15 UT. According to orbital observatory SDO/AIA the filament was best of all observed in the channels 171, 304, 131, 335 и 094 Å. Also we compared the images with LASCO.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ШАЛ ПО ДАННЫМ УСТАНОВКИ TUNKA-GRANDE

Д.О. Черных (от коллаборации Tunka)

Научно-исследовательский институт прикладной физики,
Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
chernykh.dash@gmail.com

SIMULATION AND RECONSTRUCTION OF THE EAS PARAMETERS FROM TUNKA-GRANDE DATA

D.O. Chernykh (for the Tunka Collaboration)

Applied Physics Institute, Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Сцинтилляционная установка Tunka-Grande и установка Tunka-Rex, регистрирующие радиоизлучение ШАЛ, входят в состав обсерватории TAIGA (Tunka Advanced Instrument for Cosmic Ray Physics and Gamma Astronomy), расположенной в Тункинской долине (Республика Бурятия) в 50 км от оз. Байкал. Задачей совместной работы установок является исследование энергетического спектра и массового состава первичных космических лучей в диапазоне энергий 10^{16} – 10^{18} эВ. В докладе представлены результаты моделирования и описание методики восстановления параметров ШАЛ по данным установок Tunka-Grande и Tunka-Rex.

The Tunka-Grande scintillator array and the Tunka Radio Extension (Tunka-Rex) array are part of the TAIGA (Tunka Advanced Instrument for Cosmic Ray and Gamma Astronomy) experimental complex located in the Tunka valley (Republic of Buryatia, Russia), 50 km from Lake Baikal. The purpose of the joint operation of the arrays is the study of energy spectrum and mass composition of primary cosmic rays in the energy range 10^{16} – 10^{18} eV. The result of simulation and the description of methods of reconstruction EAS parameters by data of the Tunka-Grande and the Tunka-Rex arrays are presented.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ УСТАНОВКИ TUNKA-REX

Д.А. Шипилов (от коллаборации Tunka-Rex)

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
justforprince@gmail.com

CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS TO DIAGNOSE TUNKA-REX FACILITY

D.A. Shipilov (for the Tunka-Rex Collaboration)

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Установка Tunka-Rex представляет систему детекторов, которая на данный момент состоит из 63 антенн. Антенны производят регистрацию радиоизлучения от ШАЛ. В работе представлены результаты применения сверточных нейронных сетей для диагностики спектров, полученных в ходе сбора данных установки Tunka-Rex. Создана нейронная сеть на базе библиотек Keras, Tensorflow, внедренная в процесс мониторинга состояния установки. Планируется также применить данную технологию для обработки радиосигналов.

The Tunka-Rex facility installation represents a system of detectors, which at the moment consists of 63 antennas. The antennas record the radio emission from the EAS. The results of application of convolutional neural networks for diagnostics of the spectra obtained during the data acquisition of the Tunka-Rex system are presented. A neural network was created on the basis of the Keras libraries, Tensorflow, implemented in the process of monitoring the status of the facility. It is also planned to apply this technology for the processing of radio signals.