

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ СОЛНЕЧНО-ЗЕМНОЙ ФИЗИКИ
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РАН**



МЕЖДУНАРОДНАЯ БАЙКАЛЬСКАЯ МОЛОДЕЖНАЯ НАУЧНАЯ ШКОЛА ПО ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКЕ

**XIV КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
«Взаимодействие полей
и излучения с веществом»**

*Иркутск
14–18 сентября 2015*



**МЕЖДУНАРОДНАЯ БАЙКАЛЬСКАЯ
МОЛОДЕЖНАЯ НАУЧНАЯ ШКОЛА
ПО ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКЕ**

**XIV Конференция молодых ученых
«Взаимодействие полей и излучения с веществом»**

14–18 сентября 2015 г.

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Иркутск-2015

Ректор Школы, сопредседатель Программного комитета —
научный руководитель ИСЗФ СО РАН, академик РАН Г.А. Жеребцов

Сопредседатель Программного комитета —
директор ИСЗФ СО РАН, член-корреспондент РАН А.П. Потехин

Председатель оргкомитета Школы —
зам. директора ИСЗФ СО РАН, д.ф.-м.н. В.И. Куркин

Заместитель Председателя оргкомитета Школы —
с.н.с., д.ф.-м.н. С.В. Олемской

Ответственный секретарь Школы —
н.с., к.ф.-м.н. Е.В. Девятова

Соорганизаторы мероприятия — Иркутский государственный университет, физический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, Московский физико-технический институт.

Мероприятие проводится при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № 15-05-20697 Г, Совета научной молодежи (СНМ) ИСЗФ СО РАН и Научно-образовательного центра (НОЦ) ИСЗФ СО РАН.

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

ЛЕКЦИИ

ЛИДАРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДИСТАНЦИОННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ АТМОСФЕРЫ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ С ВЕЩЕСТВОМ

С.М. Бобровников

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

LIDAR TECHNOLOGIES OF REMOTE MEASURING THE ATMOSPHERE PARAMETERS USING SPECTROSCOPIC EFFECTS OF INTERACTION BETWEEN RADIATION AND MATTER

S.M. Bobrovnikov

V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, Tomsk, Russia

Излагаются принципы лазерного зондирования атмосферы с использованием спектроскопических эффектов взаимодействия излучения с веществом. Подробно рассматриваются методы дистанционного определения температуры и влажности атмосферы с использованием эффекта спонтанного комбинационного рассеяния (СКР) на молекулах атмосферного азота, кислорода и водяного пара. Рассматривается метод дистанционного газоанализа на основе эффекта СКР с использованием возбуждающего излучения «солнечно-слепой» УФ-области спектра. Рассматривается спектроскопический метод разделения лидарных откликов аэрозольного и молекулярного рассеяния для корректного решения лидарного уравнения при определении оптических характеристик атмосферы. Излагается лидарный метод обнаружения сверхнизких концентраций азотосодержащих веществ в атмосфере на основе использования эффектов лазерной фрагментации — лазерно-индуцированной флуоресценции сложных молекул органических соединений. Приводятся примеры технической реализации лидарных методов и результаты их использования при зондировании атмосферы и проведении калибровочных измерений.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПРОЕКТ КРУПНОГО СОЛНЕЧНОГО ТЕЛЕСКОПА: ЗАДАЧИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

**Д.Ю. Колобов, В.М. Григорьев, М.Л. Демидов, С.А. Чупраков,
В.И. Скоморовский, П.Г. Ковadlo, В.А. Пуляев**

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

NATIONAL PROJECT OF THE LARGE SOLAR TELESCOPE: GOALS END PROSPECTS

**D.Yu. Kolobov, V.M. Grigoryev, M.L. Demidov, S.A. Chuprakov,
V.I. Skomorovsky, P.G. Kovadlo, V.A. Pulyaev**

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

Физика Солнца — интенсивно развивающаяся область знаний, где прогресс определяется успехами в создании современных инструментов, способных решать комплекс задач по наблюдению солнечной атмосферы. Актуальны проблемы природы магнитных полей и цикла солнечной активности, а также изучение магнитной неустойчивости и маг-

нитной спиральности, которые во многом определяют феномены солнечных вспышек и корональных выбросов масс. Экспериментальная задача состоит в измерении сильных и сравнительно слабых магнитных полей, а также движений плазмы как в фотосфере, так и в верхних слоях солнечной атмосферы — хромосфере и короне. Для понимания всей совокупности явлений необходимы многоволновые наблюдения, которые бы разрешали по высоте солнечную атмосферу и позволили изучать ее трехмерную структуру. Необходимо измерять магнитные поля и наблюдать связанные физические процессы на тех масштабах, на которых они происходят в действительности (~70 км). Решение этих задач возможно с помощью крупного телескопа с размером апертуры 3 м и более, снабженного адаптивной оптической системой, спектрографами и фильтрографами для обеспечения высокого пространственного, временного и спектрального разрешения.

Solar physics is intensively developing science the progress of which is determined by success in new instrument making. Relevant problems of the solar physics are origin of the solar magnetic fields and solar activity cycle, magnetic instability and helicity. To observe complex phenomena in the solar atmosphere one requires multiwavelength observations which allow us to achieve height resolution of the solar atmosphere and to study its 3d structure. One of the main goals is to observe physical processes at the fundamental scale which is about 70 km for the solar surface. The solution of these experimental tasks is possible with new 3m solar telescope equipped with adaptive optical system, spectrographs and filtrographs which provide high spatial, temporal and spectral resolution.

СОЛНЕЧНЫЕ РАДИОТЕЛЕСКОПЫ

С.В. Лесовой

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

SOLAR RADIO TELESCOPES

S.V. Lesovoi

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

В лекции излагается обзорная информация о солнечном радиоизлучении и радиотелескопах, обсуждается ряд актуальных проблем в этой области науки. Будут рассмотрены следующие вопросы:

1. Радиоизлучение Солнца: тепловые и нетепловые механизмы радиоизлучения.
2. Солнечные радиометры и спектрополяриметры:
 - флуктуационная чувствительность радиометра, динамические спектры, оценка скорости дрейфа электронов во время всплесков типа III и оценка скорости выброса корональной массы по динамическим спектрам;
 - моделирование отклика радиометра с учетом диаграммы направленности, полосы фильтра, автокоррелятора и интегратора;
 - калибровка радиометров.
3. Солнечные радиоинтерферометры:
 - двухэлементный корреляционный радиоинтерферометр, теорема ван Циттерта–Цернике, апертурный синтез;
 - связь полосы пропускания приемника и отклика на различные геометрические задержки;
 - влияние ошибок в определении базы радиоинтерферометра на компенсацию геометрической задержки и на остановку интерференционных лепестков;
 - ошибки в измерении кросскорреляции, вызванные квантованием выходных сигналов;

- требования к точности компенсации геометрической задержки для солнечных радиоинтерферометров;
- влияние ошибок в сопровождении на результат кросскорреляции;
- методы калибровок солнечных радиоинтерферометров: избыточность антенной решетки, самокалибровка.

ЛИДАРНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ЗОНДИРОВАНИЯ СРЕДНЕЙ АТМОСФЕРЫ И НИЖНЕЙ ТЕРМОСФЕРЫ (10–100 км)

Г.Г. Матвиенко, В.Н. Маричев

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

LIDAR TECHNOLOGY OF SOUNDING THE MIDDLE ATMOSPHERE AND LOW THERMOSPHERE (10–100 km)

G.G. Matvienko, V.N. Marichev

V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, Tomsk, Russia

Вопросу глобального мониторинга атмосферы в разных по высотному расположению слоях — тропосфера, стратосфера, мезосфера и термосфера — в последнее время уделяется все большее внимание, поскольку это связано с проблемой изменения климата вследствие природных и антропогенных процессов. Исследования в данном направлении проводятся в рамках программ мирового масштаба, например, «U.S. Global Change Program» и ее важной составляющей «Coupling Energetic and Dynamics of Atmospheric Regions».

Ключевая роль в реализации этих программ отводится применению лидаров как современных приборов, позволяющих на новом качественном и количественном уровне исследовать состояние и состав атмосферы в широком интервале высот с высоким временным и пространственным разрешением. Реализация в лидарах различных методов зондирования позволяет получать широкий набор профильных характеристик физических величин и составляющих атмосферы, таких как плотность, температура, скорость ветра, аэрозоль, концентрация газов. Комплексная информация об указанных величинах позволяет получать знания о геофизических и космофизических процессах и явлениях, протекающих в толще атмосферы. К ним относятся влияние солнечной активности, вулканогенные и сейсмические процессы, гравитационные и планетарные волны, стратосферные потепления, полярные и серебристые облака.

Необходимо отметить, что освоение высоких слоев атмосферы, включая мезосферу и термосферу, которые остаются слабоизученными, невозможно без применения лидаров с крупногабаритной оптикой и мощными лазерами. Последние компоненты с максимально возможными параметрами предполагается реализовать в мезосферно-стратосферном (МС) лидаре, который будет создаваться ИСЗФ на территории Иркутской области в рамках Национального гелиогеофизического комплекса (2 этап). Применение МС-лидара позволит получить новые знания о труднодоступных слоях атмосферы и их связи с выше- и нижерасположенными слоями, а также с упоминаемыми выше процессами и явлениями.

Предлагается ознакомить слушателей с планируемыми к использованию в МС-лидаре физическими принципами зондирования атмосферы, с предполагаемой схемой построения лидара и отдельных его узлов на основе опыта создания современных передовых лидарных систем, а также с возможностями измерений параметров атмосферы.

Лекция включает три раздела. В первом рассматриваются физические основы лидарных методов зондирования атмосферы, таких как упругое молекулярное и аэрозольное рассеяние света (рассеяние Рэлея и Ми), метод комбинационного рассеяния света (рассеяние Рамана) и метод резонансного рассеяния света. С помощью этих методов производятся

измерения аэрозольной стратификации атмосферы, профильных характеристик температуры и скорости ветра.

Во втором разделе представлены уникальные лидарные комплексы, на которых выполняется зондирование средней и верхней нейтральной атмосферы. В первую очередь это лидарный комплекс обсерватории ALOMAR, на котором ведутся комплексные исследования средней и нижней атмосферы группой ученых из Германии, Франции, Великобритании и Норвегии. Комплекс включает два приемных зеркала диаметром 1.8 м с возможностью дневных измерений. Также рассказывается о крупногабаритных лидарах Иллинойского университета с приемными зеркалами диаметрами 3 и 4 м, расположенных в обсерваториях Starfire Optical Range и Maui Space Surveillance Site.

В третьем разделе приведены результаты измерений аэрозоля, температуры, плотности, скорости и направления ветра в стратосфере, мезосфере и нижней термосфере, полученные на зарубежных лидарах и лидаре ИОА СО РАН.

МАГНИТОГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ СЕЙСМОЛОГИЯ

В.М. Накаряков

Ворвикский университет, Ковентри, Великобритания
V.Nakariakov@warwick.ac.uk

MAGNETOHYDRODYNAMIC SEISMOLOGY

V.M. Nakariakov

University of Warwick, Coventry, United Kingdom

Современные наблюдательные инструменты обеспечивают надежную регистрацию волновых и колебательных процессов в плазменных структурах короны Солнца с периодами от долей секунды до нескольких десятков часов и характерными скоростями от нескольких десятков до нескольких тысяч километров в секунду. Теоретическое моделирование этих процессов позволяет интерпретировать их как магнитогиродинамические (МГД) волны. В частности, различаются изгибные, сосисочные и продольные волны. Свойства этих волн определяются параметрами плазменных волноводов, в которых они наблюдаются. Данная зависимость создает базис для диагностики плазмы короны Солнца с помощью МГД-волн. Применение метода МГД-сейсмологии является одной из официальных научных целей инструмента Atmospheric Imaging Assembly на космическом аппарате Solar Dynamics Observatory. Метод позволяет оценивать величину магнитного поля в активных областях короны, шкалу высот, транспортные коэффициенты, функцию нагрева короны, характерные параметры мелкомасштабной филаментации плазмы вдоль магнитного поля и т. п. Данные параметры принципиально важны для понимания фундаментальных физических процессов в короне и необходимы для предсказания космической погоды, но их весьма сложно и во многих ситуациях невозможно измерить традиционными методами. Наблюдения квазипериодических пульсаций во вспышках на других звездах и их интерпретация как МГД-колебаний и автоколебаний открывают интересные перспективы для применения метода МГД-сейсмологии к анализу корон звезд.

Wave and oscillatory processes are confidently detected in various plasma structures of the corona of the Sun, with modern observational tools. Periods of these waves range from a fraction of a second to several tens of hours, and the typical speeds are from tens to thousands of km/s. Advanced theoretical modelling allows us to identify these processes as magnetohydrodynamic (MHD) waves. In particular, one can distinguish between kink, sausage and longitudinal modes. Observed properties of these waves are determined by parameters of the plasma waveguides supporting them, creating the basis for remote, MHD-wave-based diagnostics of coronal plasmas. The method of MHD seismology is one of the official aims of the Atmospheric Imaging

Assembly on the Solar Dynamics Observatory spacecraft. This diagnostic technique allows us to estimate the magnetic field in coronal active regions, density scale height, transport coefficients, coronal heating function, sub-resolution spatial scale of field-aligned filamentation, etc. These parameters are important for understanding basic physical processes operating in the corona, and are necessary for space weather forecasting, but it is difficult or impossible to estimate them by traditional methods. Observations of quasi-periodic pulsations in stellar flares, and their association with MHD oscillations and self-oscillations opens up an interesting perspectives for MHD seismology of stellar coronae.

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 (трубчатых) 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 трубчатых 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
макаау08@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. Деришев

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 аэронауки 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 Нобейма 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. Dzhililov

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 COMPLEXES OF SOLAR ACTIVITY FROM SOLAR DYNAMIC
OBSERVATORY (SDO)**

¹О.А. Korolkova, ^{1,2}Е.Е. 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 added.

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.И. 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

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

¹A.D. Morozova, ²A.A. Kochanov, ³T.S. Sinegovskaya, ¹S.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 Stokes 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 \approx 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 $75\sqrt{2}$ m \approx 106 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. Найлены 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 Поッケляса 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

¹L.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.

КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
СЕКЦИЯ В
ФИЗИКА ОКОЛОЗЕМНОГО КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

**ВОЗДЕЙСТВИЕ МАГНИТНЫХ ОБЛАКОВ
НА ПЛОТНОСТЬ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ**

А.А. Абунин, А.В. Белов, М.А. Абунина, Е.А. Ерошенко, В.А. Оленева, В.Г. Янке

Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН,
Троицк, Москва, Россия
abunin@izmiran.ru

THE IMPACT OF MAGNETIC CLOUDS ON COSMIC RAY DENSITY

A.A. Abunin, A.V. Belov, M.A. Abunina, E.A. Eroshenko, V.A. Oleneva, V.G. Yanke

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

То, что магнитные облака действуют на галактические космические лучи, известно уже около 20 лет. Они способны изменять плотность космических лучей, создавая двухступенчатую структуру форбуш-эффектов, и существенно увеличивать вторую гармонику анизотропии КЛ. В данной работе исследуются особенности поведения галактических космических лучей в событиях, связанных с присутствием магнитных облаков в межпланетных возмущениях у Земли. Рассмотрена модель, способная описать распределение плотности космических лучей внутри магнитного облака, и показано, что в большинстве случаев (но не во всех) поведение плотности космических лучей в магнитном облаке у Земли можно описать простой параболической зависимостью от расстояния до центра облака, измеренного в гирорадиусах.

It is known more than 20 years that magnetic clouds affect the galactic cosmic rays. They are able to change the density of cosmic rays, creating a two-step structure of the Forbush-decreases, and significantly increase the second harmonic anisotropy of cosmic rays. In this paper we investigate the behavior of galactic cosmic rays in the events related to the presence of magnetic clouds in the interplanetary disturbances near the Earth. A model capable of describing the distribution of the cosmic-ray density in the magnetic clouds, and it was shown that in most cases (but not all) the behavior of the density of cosmic rays in the Earth magnetic cloud can be described by a simple parabolic dependence on the distance to the center of the cloud measured in gyroradius.

**ПЕРВАЯ ГАРМОНИКА АНИЗОТРОПИИ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ
В НАЧАЛЬНОЙ ФАЗЕ ФОРБУШ-ЭФФЕКТОВ**

М.А. Абунина, А.А. Абунин, А.В. Белов, Е.А. Ерошенко, В.А. Оленева, В.Г. Янке

Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН,
Троицк, Москва, Россия
abunina@izmiran.ru

**THE FIRST HARMONIC OF COSMIC RAY ANISOTROPY DURING
THE INITIAL PHASE OF FORBUSH EFFECTS**

M.A. Abunina, A.A. Abunin, A.V. Belov, E.A. Eroshenko, V.A. Oleneva, V.G. Yanke

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

Изучается фазовое распределение и амплитудно-фазовая зависимость первой гармоники анизотропии космических лучей в начальной фазе форбуш-эффекта. Статистический

анализ всех форбуш-эффектов с внезапным началом за 1957–2012 гг. показал, что главные особенности фазовых распределений первой гармоники анизотропии космических лучей сохраняются в течение всей главной фазы форбуш-эффектов, начиная с часа до ударной волны и вплоть до часов с максимальной амплитудой анизотропии. Амплитуда векторной анизотропии уже перед приходом ударной волны выше, чем в спокойные периоды, и постепенно возрастает при углублении в межпланетное возмущение, создающее форбуш-понижение.

Phase distribution and amplitude-phase dependence of the first harmonic of the cosmic ray anisotropy during the initial phase of Forbush effects are studied. Statistical analysis of all Forbush effects with sudden onset during 1957–2012 showed that the main features of phase distribution of the first harmonic of the cosmic ray anisotropy persist throughout the main phase of the Forbush effects, starting from the hour before the shock wave until the hour with the maximal amplitude of anisotropy. Amplitude of vector anisotropy is higher already before the arrival of the shock wave than in quiet periods, and it gradually increases as Earth enters deeper the interplanetary disturbance which creates the Forbush decrease.

ОЦЕНКА ВАРИАЦИЙ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ПО СИГНАЛАМ ГНСС GPS НА СТЕНДЕ СУРА

А.В. Алексеева, А.В. Тертышников

Институт прикладной геофизики им. Е.К. Федорова, Москва, Россия
alert@mail.ru

EVALUATION OF VARIATIONS OF POSITIONING CHARACTERISTICS FROM GNSS/GPS SIGNALS AT SURA STAND

A.V. Alekseeva, A.V. Tertyshnikov

Fedorov Institute of Applied Geophysics, Moscow, Russia

С 19 по 29 марта 2014 г. производились эксперименты по приему сигналов КА GPS в условиях воздействия на ионосферу мощным коротковолновым излучением стенда СУРА (ФГБНУ «НИРФИ», Н. Новгород). В эксперименте использовался геодезический навигационный приемник Trimble-5700 с антенной, установленной на крыше административного здания полигона. Рассматривалось среднеквадратичное отклонение (СКО) характеристик псевдопозиционирования (мгновенная оценка позиционирования) по первой рабочей частоте ГНСС GPS.

Сравнение характеристик псевдопозиционирования до экспериментов и после по критериям непараметрической статистики показало неслучайность увеличения оценок СКО при периодических включениях и выключениях с вероятностью 94.1 %. При постоянном нагреве различий не обнаружено.

The experiments were carried out on reception of GPS satellite signals under the effect of powerful shortwave radiation from SURA facility on the ionosphere from 19.03.2014 till 29.03.2014 (“NIRFI”, N. Novgorod). A geodesic navigation receiver Trimble-5700 with an antenna on the roof of administrative building was used in the experiment. The main focus was on the standard deviation (SD) of characteristics of pseudo positioning (instantaneous evaluation of positioning) by the first operating frequency of GNSS GPS.

Comparison of characteristics of pseudo positioning before and after the experiments according to the criterion of nonparametric statistics showed non-randomness of increasing SD assessments of periodic on and off states with a probability of 94.1 %. At constant heating differences were not found.

**СУТОЧНО-СЕЗОННЫЕ ВАРИАЦИИ ЭЛЕКТРОННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ
ВО ВНЕШНЕЙ ИОНОСФЕРЕ ПО ДАННЫМ ИРКУТСКОГО РАДАРА
НЕКОГЕРЕНТНОГО РАССЕЯНИЯ**

С.С. Алсаткин, А.В. Медведев, К.Г. Ратовский

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

**DAILY-SEASONAL VARIATIONS OF ELECTRONIC CONCENTRATION
IN THE EXTERNAL IONOSPHERE ON THE BASE
OF IRKUTSK INCOHERENT SCATTER RADAR DATA**

S.S. Alsatkin, A.V. Medvedev, K.G. Ratovsky

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

В статье приводятся результаты исследования суточно-сезонных вариаций электронной концентрации во внешней ионосфере на основе данных Иркутского радара некогерентного рассеяния (ИРНР) для четырех сезонов и двух уровней солнечной активности (низкой и умеренной).

We present the research results for daily-seasonal variations of electronic concentration in the external ionosphere on the base of Irkutsk Incoherent Scatter Radar (IIRS) data, for four seasons and two levels of solar activity (low and moderate).

**ДИАГНОСТИКА ЛИТОСФЕРНО-ИОНОСФЕРНЫХ СВЯЗЕЙ
ПО НАБЛЮДЕНИЯМ ВАРИАЦИЙ АМПЛИТУДЫ ГРОЗОВЫХ СИГНАЛОВ**

В.В. Аргунов, В.А. Муллаяров

Институт космических исследований и аэронавтики им. Ю.Г. Шафера СО РАН, Якутск, Россия
argunovVv@mail.ru

**DIAGNOSTICS OF LITHOSPHERE-IONOSPHERE RELATIONS
FROM OBSERVATIONS OF THUNDERSTORM SIGNALS**

V.V. Argunov, V.A. Mullayarov

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

Для дистанционного мониторинга возмущений в нижней ионосфере, в частности, для исследования ионосферных откликов, обусловленных сейсмической активностью, часто используют сигналы низкочастотных радиостанций. В качестве варианта данного метода для обнаружения сейсмических возмущений в ионосфере можно использовать естественные радиосигналы — электромагнитное излучение грозовых разрядов (атмосферики). По результатам предварительных наблюдений атмосфериков в Якутске ($\varphi=62.1^\circ$ N, $\lambda=129.7^\circ$ E) землетрясения, магнитуда которых больше 5, а глубина не превышает 50 км, проявляются в виде усиления среднечасовой амплитуды атмосфериков в день события или в интервале трех дней после него. Вариации амплитуды в предшествующие землетрясению дни, выраженные в виде роста амплитуды, рассматриваются в качестве предвестников.

For distant monitoring of disturbances in the lower ionosphere signals of low-frequency radio stations are often used. In particular, the method is used for investigation of ionospheric responses caused by seismic activity. As a variant of this method for the detection of seismic disturbances in the ionosphere one can use natural radio signals - an electromagnetic radiation of thunderstorm discharges (atmospherics). By results of previous observations of atmospherics at Yakutsk ($\varphi=62.1^\circ$ N, $\lambda=129.7^\circ$ E) the earthquakes whose magnitude is more than 5 and the depth does not exceed 50 km, are manifested in the form of amplification of hourly average amplitude of atmospherics on the day of event or in the range of 3 days after it. The amplitude vari-

ations during days preceding an earthquake expressed in the form of amplitude growth are considered as precursor.

ИОНОЗОНДОВЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЭФФЕКТОВ СОЛНЕЧНОГО ЗАТМЕНИЯ 20 МАРТА 2015 г. НАД ЕВРОПОЙ

¹В.В. Барабаш, ²Л.Ф. Черногор

¹Институт ионосферы НАН и МОН Украины, Харьков, Украина
iion@kpi.kharkov.ua

²Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Харьков, Украина
Leonid.F.Chernogor@univer.kharkov.ua

IONOSONDE OBSERVATIONS OF EFFECTS OF MARCH 20, 2015 SOLAR ECLIPSE OVER EUROPE

¹V.V. Barabash, ²L.F. Chernogor

¹Institute of Ionosphere of NAS and MES of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

²V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine

Проанализированы ионограммы ряда европейских ионозондов («Харьков», «Москва», «Прухониц», «Тромсе» и др.), полученные 20 марта 2015 г. и в контрольные дни. Особенностью данного затмения было то, что оно протекало на фоне фазы восстановления очень сильной магнитной бури, начавшейся 17 марта 2015 г. Эффекты солнечного затмения в значительной степени маскировались эффектами ионосферной бури.

The ionograms from a number of European ionosondes (“Kharkiv”, “Moscow”, “Pruhonice”, “Tromsø” et al.) were analyzed. That ionograms were obtained during the eclipse on March 20, 2015 and the reference days. This eclipse took place against the background of the recovery phase of very strong magnetic storm, which was started on March 17, 2015. The effects of the solar eclipse are largely masked by the effects of the ionospheric storm.

ЭФФЕКТЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ МОЩНЫМ РАДИОИЗЛУЧЕНИЕМ НА ИОНОСФЕРУ НА ФОНЕ УМЕРЕННЫХ ГЕОКОСМИЧЕСКИХ БУРЬ: РЕЗУЛЬТАТЫ ИОНОЗОНДОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

¹В.В. Барабаш, ²Л.Ф. Черногор

¹Институт ионосферы НАН и МОН Украины, Харьков, Украина
iion@kpi.kharkov.ua

²Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Харьков, Украина
Leonid.F.Chernogor@univer.kharkov.ua

EFFECTS OF POWERFUL RADIO WAVE ACTION ON THE IONOSPHERE DURING MODERATE GEOSPACE STORMS: IONOSOND OBSERVATION RESULTS

¹V.V. Barabash, ²L.F. Chernogor

¹Institute of Ionosphere of NAS and MES of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

²V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine

Приведены результаты наблюдений на трех разнесенных по широте и долготе ионозондах за вариациями критической частоты f_oF_2 , сопровождавшими воздействие на ионосферу мощным радиоизлучением нагревного стенда СУРА. Ионозонды находились на расстояниях от стенда 560, 960, и 2200 км. После включений стенда с временем запаздывания 10–15 мин возникали аperiодические всплески f_oF_2 от 0.07 до 0.41 МГц. Их продолжительность равнялась 10–15 мин, относительное увеличение концентрации электронов со-

ставляло от 2 до 13 %. Наблюдаемые всплески, скорее всего, обусловлены высыпанием высокоэнергичных электронов из магнитосферы в атмосферу и ее дополнительной ионизацией. Величина потока электронов могла быть порядка $10^9-10^{11} \text{ м}^{-2}\text{с}^{-1}$ при их энергии 1–10 кэВ.

The observation results of the variations of the critical frequency f_oF2 for three spaced in latitude and longitude ionosondes were presented. Variations were caused by action of powerful radio waves from the SURA heater. Distance from ionosondes to heater was 560, 960, and 2.200 km. Aperiodic bursts in f_oF2 having values from 0.07 to 0.41 MHz are occurred during heater-on periods with time delay of 10–15 min. Their duration is 10–15 min, the relative increase in the electron concentration ranged from 2 to 13 %. Observed bursts were most likely caused by the precipitation of high energy electrons from the magnetosphere into the atmosphere and by the additional ionization of atmosphere. The flux of electrons could be of $10^9-10^{11} \text{ м}^{-2}\text{с}^{-1}$, its energy was of 1–10 keV.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВАРИАЦИЙ ПАРАМЕТРОВ АТМОСФЕРЫ И ИОНОСФЕРЫ С ПЕРИОДАМИ АКУСТИКО-ГРАВИТАЦИОННЫХ ВОЛН В КАЛИНИНГРАДЕ

¹О.П. Борчевкина, ^{1,2}И.В. Карпов, ¹А.И. Карпов, ¹Р.З. Дадашев, ²А.В. Радиевский

¹Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград, Россия

²Западное отделение Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН, Калининград, Россия
opsuslova@gmail.com

RESEARCH THE INTO VARIATIONS OF PARAMETERS OF THE ATMOSPHERE AND IONOSPHERE WITH AN ACOUSTIC-GRAVITY WAVE PERIODS IN KALININGRAD

¹O.P. Borchevkina, ^{1,2}I.V. Karpov, ¹A.I. Karpov, ¹R.Z. Dadashev, ²A.V. Radievsky

¹I. Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

²West Department of Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation, Kaliningrad, Russia

В работе приведены результаты анализа наблюдений вариаций параметров атмосферы и ионосферы над Калининградом (52° N, 22° E). Наблюдения параметров ионосферы выполнены на основе приема сигналов навигационных спутников, вариаций параметров нижней атмосферы методом лидарного зондирования. Наблюдения проводились в периоды прохождения солнечного терминатора (СТ) и в условиях локальных метеовозмущений. При анализе наблюдений были выделены характеристики вариаций параметров АГВ и ВГВ с периодами 2–20 мин. В нижней атмосфере отчетливо разделяются инфразвуковые составляющие вариаций и ВГВ, что проявляется в уменьшении амплитуд вариаций с периодами 3–5 мин. Такие особенности спектров вариаций параметров атмосферы связаны с различием частоты Вэйсяля–Брента и частоты акустического обрезания. В ионосферных наблюдениях вариаций полного электронного содержания (ПЭС) также выявляются вариации ионосферы с периодами АГВ и ВГВ. Вариации ионосферного параметра ПЭС с периодами АГВ (4–10 мин) отчетливо проявляются при прохождении СТ и продолжаются в течение 1–2 ч в освещенной области ионосферы. Усиление вариаций ионосферы с такими периодами может быть обусловлено АГВ, распространяющимися из области СТ в нижней атмосфере. Также рассматривались вариации параметров ионосферы в периоды сильных локальных метеорологических возмущений в Калининградском регионе и выявлены морфологические особенности реакции ионосферы на такие возмущения.

We present the results of the analysis of observations of ionosphere and atmosphere parameters variations in Kaliningrad (52° N, 22° E). Observations of ionospheric parameters are based on the reception of signals from navigation satellites, variations in the parameters of the

lower atmosphere — by lidar. The observations were made during the passage of the solar terminator (ST) and in terms of local meteorological disturbances. In the analysis of observations were identified characteristics of parameter variations AGWs and IGWs with periods 2–20 min. In the lower atmosphere distinctly separated infrasonic components of variation and IGWs, that is a decrease in the amplitude variations with periods of 3–5 min. These features of the variation spectra of atmospheric parameters associated with the difference between Brunt-Vaisala frequency and the frequency of the acoustic cutoff. In observations of ionospheric variations of the total electron content (TEC) in the ionosphere also reveal variations with periods of AGWs and IGWs. Ionospheric parameter variations TEC with periods of AGWs (4–10 min.) are clearly seen during the passage of ST and continue for 1–2 hours in the illuminated region of the ionosphere. Gain variations of the ionosphere with such periods may be due to AGWs propagating from ST in the lower atmosphere. Also considered variations of ionospheric parameters during periods of strong local meteorological disturbances in the Kaliningrad region and revealed morphological features of ionospheric response to such disturbances.

**МОДУЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА NI PXI — ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ СИСТЕМЫ
СБОРА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ СИГНАЛОВ СПУТНИКОВ
С ЦЕЛЮ ИЗУЧЕНИЯ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ СТРУКТУРЫ ИОНОСФЕРЫ**

Буй Суан Тьен, А.Г. Ченский

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия
bxuantien@gmail.com

**MODULE PLATFORM NI PXI AS A CENTRAL ELEMENT OF THE SYSTEM
OF PROCESSING SATELLITE SIGNAL DATA
TO RESEARCH INTO IONOSPHERE STRUCTURE INHOMOGENEITIES**

Bui Xuan Tien, A.G. Chensky

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

Программа предназначена для обработки сигналов спутников для изучения структуры ионосферы и может применяться при исследовании возмущений в ионосфере, а также для обучения по дисциплине «Методы и средства измерений в телекоммуникационных системах». С помощью программы пользователь ведет обработку бинарных файлов, в которых сохраняются записи сигналов спутников. В результате оценивается изменение параметров (амплитуды, частоты) сигналов в зависимости от времени в период полета спутника. Программный модуль обработки сигналов создан в среде LabView и обладает высоким быстродействием, большой точностью, высокой чувствительностью и удобством в эксплуатации при изучении неоднородностей структуры ионосферы. Результаты измерений сохранены в цифровом виде и удобны в использовании.

The program is designed for processing satellite signals for observation of the ionospheric structural irregularities and can be used in a study of perturbations in the ionosphere, as well as for teaching programming on the subject “Methods and tools to measurement in telecommunication systems”. With this program, the user can process the binary files that are recording satellite signals. The result is the signal parameters (amplitude, frequency) versus time during the flight of the satellite. Software signal processing module is created in the LabVIEW environment and has high speed, high accuracy, high sensitivity and ease of use, in the study of irregularities of the ionospheric structure. The measurement results are stored in digital form, so it's convenient to use in the study of irregularities.

**ОСОБЕННОСТИ КРУПНОМАСШТАБНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ В ИОНОСФЕРЕ
В ПЕРИОД УМЕРЕННЫХ МАГНИТНЫХ БУРЬ,
СОПРОВОЖДАВШИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ МОЩНЫМ РАДИОИЗЛУЧЕНИЕМ
НА ОКОЛОЗЕМНУЮ ПЛАЗМУ**

А.Н. Вовк, Л.Ф. Черногор

Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Харьков, Украина
andreynvovk@mail.ru

**FEATURES OF LARGE IONOSPHERE DISTURBANCES IN A PERIOD
OF MODERATE MAGNETIC STORMS ACCOMPANIED BY THE ACTION
OF HIGH POWER RADIATION AT THE NEAR-EARTH PLASMA**

A.N. Vovk, L.F. Chernogor

V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine

Приведены результаты экспериментальных исследований аperiodических и квазипериодических возмущений в ионосфере, последовавших за воздействием мощным радиоизлучением стенда СУРА на геокосмическую плазму в спокойных и магнитовозмущенных условиях. Для диагностики использовался доплеровский радар вертикального зондирования, расположенный на расстоянии около 960 км от нагревного стенда. Аperiodические возмущения, имевшие время запаздывания 10–20 мин, скорее всего, связаны с взаимодействием подсистем в системе Земля–атмосфера–ионосфера–магнитосфера. Квазипериодические возмущения с периодом 12–15 мин в одних случаях имели период, равный периоду цикла нагрева, а в других случаях — период собственных колебаний в атмосфере. Скорость квазипериодических возмущений составляла 300–400 м/с. Обсуждаются эффекты искусственной генерации слоя E_s , слоев ионизации, а также эффекты при воздействии на ионосферу радиоволны с частотой, равной учетверенной гирочастоте электронов. Отмечается подготовительная роль магнитных возмущений в системе Земля–атмосфера–ионосфера–магнитосфера.

We present the results of the experimental investigations of aperiodic and quasiperiodic disturbances in the ionosphere followed by the action of high power radiation from the SURA heater on geospace plasma in the quiet and magnetic disturbed conditions. Vertical-sounding Doppler radar was used for diagnosis. The distance from the heater to the Doppler radar is about 960 km. Aperiodic disturbances had delay time 10–20 minutes, most likely associated with sub-systems in the Earth–atmosphere–ionosphere–magnetosphere system interaction. Quasiperiodic disturbances with a period of 12–15 minutes in some cases has a period equal to the period of the heating cycle in other cases it was equal to their own oscillations period in the atmosphere. Quasiperiodic disturbances velocity was about 300–400 m/s. We are discussing the effects of artificial generation of E_s layer, ionization layers, and the radio wave action on the ionosphere with a frequency equal to $f=4f_B$ (f_B is the electron gyrofrequency). We are showing the preparatory role of the magnetic disturbances in the Earth–atmosphere–ionosphere–magnetosphere system.

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАКТОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОМЕХ
ПРИ РАБОТЕ РАДАРА НЕКОГЕРЕНТНОГО РАССЕЯНИЯ**

А.В. Дмитриевская

Радиотехнический институт им. акад. А.Л. Минца, Москва, Россия
admitrievskaya@rti-mints.ru

**APPLICATION OF OF STATISTICAL ANALYSIS METHODS FOR DETECTION
OF RADIO DISTURBANCE INFLUENCE FACTS DURING
INCOHERENT SCATTER RADAR WORK**

A.V. Dmitrievskaya

Academician A.L. Mints Radiotechnical Institute, Moscow, Russia

В данной работе приведен разработанный метод статистического анализа фактов воздействия помех любого рода на радары некогерентного рассеяния, с помощью которых производится изучение ионосферы. Метод позволит оценить правдоподобность данных, полученных при помощи радаров некогерентного рассеяния. В настоящий момент данный метод апробирован и запланирован к внедрению на существующих радиолокационных станциях.

In this article argued worked out method of statistical analysis of all radio disturbance influence facts on incoherent scatter radars. It help to research the ionosphere. This method will allow appreciate the probability of data recieved with the help of incoherent scatter radars. In this moment this method is being approved and planned to introduction at present radiolocation stations.

**SKYLINE — ПРОЕКТ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ МЕТЕОРОВ.
ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ**

К.И. Иванов, Е.С. Комарова

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

**SKYLINE AS A PROJECT FOR METEOR VIDEO MONITORING.
FIRST RESULTS**

K.I. Ivanov, E.S. Komarova

Astronomical Observatory of Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

На фоне возросшей за последние годы актуальности метеорной астрономии возникла необходимость проведения качественных наблюдений, способных дать максимальное количество информации как об отдельных метеорных частицах, так и о потоках, в которые они входят. В 2014 г. авторами был разработан и запущен проект SkyLine, позволяющий вести непрерывные односторонние и базисные видеонаблюдения и получать исчерпывающую информацию о поведении метеорных частиц в атмосфере и космосе. В настоящей работе представлены сведения о техническом устройстве наблюдательного комплекса, описание наблюдения метеорного потока Персеиды 2014 г. и анализ полученных данных.

Therefore the relevance of meteoric astronomy which increased in recent years there was a need of carrying out the high-quality supervision capable to give the maximum quantity of information, both about separate meteoric particles and about streams which they enter. In 2014 authors developed and started the project SkyLine, allowing a message continuous unilateral and basic video surveillances and to receive exhaustive data on behavior of meteoric particles in the atmosphere and space. In the real work data on the technical device of an observation complex are submitted, supervision of a meteor shower of Perseids of 2014 are also described and the obtained data are analyzed.

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВОЗМУЩЕНИЙ
ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ИОНОСФЕРЫ
ВО ВРЕМЯ ГЕОМАГНИТНЫХ БУРЬ РАЗЛИЧНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ**

С.В. Кацко, Л.Ф. Черногор

Институт ионосферы НАН и МОН Украины, Харьков, Украина
sophiaharytonova@gmail.com

COMPARISON OF DISTURBANCES OF THE IONOSPHERE MAIN PARAMETERS DURING GEOMAGNETIC STORMS OF DIFFERENT INTENSITY

S.V. Katsko, L.F. Chernogor

Institute of Ionosphere of NAS and MES of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

За полный цикл солнечной активности с 1998 по 2012 г. проведен сравнительный анализ первичных параметров ионосферной плазмы, во время геомагнитных бурь наблюдавшихся в обсерватории Института ионосферы (Харьков, Украина). Измерения были проведены с помощью радара некогерентного рассеяния и ионозонда «Базис». Анализировались бури различной интенсивности с наличием одной фазы ионосферного возмущения и со знакопеременными фазами. Сравнение проводилось по изменению следующих параметров: критической частоты, концентрации электронов в максимуме слоя F2, высоты максимума слоя F2, температур электронов и ионов. Результаты анализа показали непропорциональное изменение параметров ионосферной плазмы при изменении параметров магнитных бурь, что затрудняет прогнозирование ионосферных возмущений.

Comparison analyze in primary parameters of ionosphere plasma during geomagnetic storms of total cycle solar activity from 1998 to 2012, which were observed in the observatory of Institute of Ionosphere (Kharkiv, Ukraine), is presented. The observations are carried out by the incoherent scatter radar and ionosonde “Bazi”». Storms of different intensity with single ionosphere disturbance phase and sign-variable phases are analyzed. The comparison was carried out by variations of next parameters: the critical frequency, the electron density at an F2 layer maximum, height of the ionospheric F2 layer peak, electron and ion temperature. The analysis results have shown a disproportionate change of ionosphere plasma parameters when magnetic storms parameters are changing, that makes difficulties for ionospheric disturbances forecast.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, СОПУТСТВОВАВШИХ ГЕОМАГНИТНЫМ БУРЯМ В 1998–2012 гг.

С.В. Кацко, Л.Ф. Черногор

Институт ионосферы НАН и МОН Украины, Харьков, Украина
sophiaharytonova@gmail.com

COMPARISON OF PARAMETERS OF DYNAMIC PROCESSES ACCOMPANIED BY GEOMAGNETIC STORMS DURING 1998–2012

S.V. Katsko, L.F. Chernogor

Institute of Ionosphere of NAS and MES of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

Проведен сравнительный анализ вторичных параметров ионосферной плазмы, которые непосредственно не измеряются, во время ионосферных бурь в 1998–2012 гг. С использованием численного моделирования, экспериментальных данных радара некогерентного рассеяния, расположенного в обсерватории Института ионосферы (Харьков, Украина), и эмпирической модели NRLMSISE-00 изучены суточные вариации параметров динамических и тепловых процессов. К таким параметрам относятся температура нейтралов, энергия, поступающая к электронам, плотность потока плазмы, плотность потока тепла. Результаты анализа показали, что не отмечается простой пропорциональной зависимости между изменениями первичных и вторичных параметров ионосферной плазмы, что затрудняет моделирование ионосферных бурь.

Comparison analyze in secondary parameters of ionosphere plasma, which are not measured direct, during ionospheric storms in 1998–2012, is carried out. Daily variations in parameters dynamic and heat processes are studied with using of numerical simulation, experimental data of the incoherent scatter radar located in the observatory of Institute of Ionosphere (Kharkiv,

Ukraine), and empirical model NRLMSISE-00. Such parameters are the neutral gas temperature, the energy input to electron gas, the plasma flow density and the heating flow density. The analysis results have shown that a simple proportionate dependence between variations in primary and secondary parameters of ionospheric plasma is not shown. It makes difficulties for ionosphere storms simulation.

ВТОРАЯ ПРОИЗВОДНАЯ ФАЗЫ ПО ВРЕМЕНИ КАК ИНДИКАТОР ТОНКОЙ СТРУКТУРЫ ИОНОСФЕРЫ

¹Т.В. Кашкина, ¹В.В. Демьянов, ²Ю.В. Ясюкевич

¹Иркутский государственный университет путей сообщения, Иркутск, Россия,

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

tanchik72007@yandex.ru

THE SECOND TIME DERIVATIVE OF PHASE AS AN INDICATOR OF THE IONOSPHERE FINE STRUCTURE

¹T.V. Kashkina, ¹V.V. Demyanov, ²Yu.V. Yasyukevich

¹Irkutsk State Railway Transport Engineering University, Irkutsk, Russia

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

Построение высокоэффективной системы мониторинга землетрясений, цунами и техногенных явлений по ионосферному отклику требует повышения чувствительности методов ионосферного радиозондирования. Одним из возможных подходов может стать анализ тонкой структуры распространяющихся через ионосферу сигналов спутников GNSS. По нашему мнению, чувствительным индексом состояния тонкой структуры ионосферы может быть вторая производная фазы несущей по времени. В ходе кампании по измерению сигналов GNSS в 2013 г. в условиях полярной ионосферы мы обнаружили многочисленные случаи резкого кратковременного возрастания второй производной по времени фазы несущей сигналов GPS и ГЛОНАСС на величину от 30–40 до 100–150 % относительно фонового уровня данного параметра. Обсуждаются основные результаты обработки данных этой кампании.

In order to realize high effective alerts of earth quake hazards, tsunami and technogenic events we need to improve sensitivity of the ionospheric response analysis methods. We suppose that an exact analysis of the transionospheric SV signals can be one of the effective methods hereafter. In our opinion the SV signal phase alteration can be considered as a sensitive index of the fine structure of the ionosphere. In order to prove this idea we conduct the GNSS signal monitoring campaign under the polar ionosphere condition (in Taimyr cape, Russia) in 2013. We observed sufficiently numerous cases of the rapid and sharp phase acceleration variations. The absolute value of these variations were as much as 30–40 up to 100–150 % times higher in comparison the background level for both GPS and GLONASS signals. This report is devoted to discussion of the main results of the campaign data treatment.

ВЛИЯНИЕ ТЕРМОСФЕРЫ И ПЛАЗМОСФЕРЫ НА ФОРМИРОВАНИЕ ИОНОСФЕРНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ НА РАЗЛИЧНЫХ ФАЗАХ ГЕОМАГНИТНЫХ БУРЬ

¹М.В. Клименко, ¹В.В. Клименко, ¹И.Е. Захаренкова, ²К.Г. Ратовский

¹Западное отделение Института земного магнетизма, ионосферы
и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН, Калининград, Россия

maksim.klimenko@mail.ru

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

**THERMOSPHERE AND PLASMASPHERE INFLUENCE
ON THE FORMATION OF IONOSPHERIC DISTURBANCES
AT DIFFERENT GEOMAGNETIC STORM PHASES**

¹M.V. Klimenko, ¹V.V. Klimenko, ¹I.E. Zaharenkova, ²K.G. Ratovsky

¹West Department of Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere
and Radio Wave Propagation, Kaliningrad, Russia

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

Ионосферные бури связаны с процессами, происходящими на Солнце и в околоземном космическом пространстве от магнитосферы до нижней границы верхней атмосферы. По знаку возмущений электронной концентрации в F-области ионосферы выделяют положительную и отрицательную фазы ионосферных бурь. Знак ионосферных возмущений зависит от многих факторов, таких как широта, долгота, время начала и фаза геомагнитной бури. Так, в высокоширотной ионосфере практически всегда формируется отрицательная фаза ионосферной бури, тогда как на средних и низких широтах возрастает вероятность появления положительной фазы ионосферной бури. В исследовании представлены результаты расчетов, выполненных с использованием глобальной самосогласованной модели термосферы, ионосферы и протоносферы (ГСМ ТИП) и данных спутниковых и наземных наблюдений основных параметров системы ионосфера–плазмосфера во время геомагнитных бурь. Модель ГСМ ТИП позволила выявить, какое влияние процессы в термосфере и плазмосфере оказывают на динамику полного электронного содержания (ПЭС) и электронной концентрации в максимуме F2-слоя во время геомагнитных бурь. Проведено сравнение модельной и наблюдавшейся динамики возмущений широтных профилей f_oF2 и ПЭС во время геомагнитных бурь в двух долготных секторах (американском и восточно-сибирском). Обсуждаются результаты детального исследования механизмов формирования этих возмущений на различных этапах развития геомагнитных бурь. Особое внимание обращается на ионосферные возмущения, формирующиеся на фазе восстановления геомагнитных бурь. Работа выполнена при финансовой поддержке грантов Президента РФ № МК-4866.2014.5 и РФФИ № 14-05-00578.

Ionospheric storms are associated with the processes occurring on the Sun through solar-terrestrial relationships that exist in near-Earth space from the magnetosphere to the lower boundary of the upper atmosphere. The sign of the ionospheric F region electron density disturbances determine the positive and negative phases of ionospheric storms. The sign of ionospheric disturbances depends on many factors such as latitude, longitude, onset time and phase of geomagnetic storm. The negative phase of ionospheric storms is almost always formed in the high-latitude ionosphere, whereas the probability of the positive ionospheric storm increases in the middle and low latitudes. This study presents the results of simulation performed using the Global Self-consistent Model of the Thermosphere, Ionosphere and Protonosphere (GSM TIP), and the satellite and ground-based observation data of the main parameters of the ionosphere-plasmasphere system during geomagnetic storms. The GSM TIP model allowed to reveal the main processes in the thermosphere and plasmasphere exert on the dynamics of the total electron content and electron density in the F2 layer maximum during geomagnetic storms. We compared the model and the observed dynamics of the f_oF2 and TEC perturbation during geomagnetic storms in two longitudinal sectors (American and East-Siberian). The detailed study results of the formation mechanisms of these disturbances at different phases of geomagnetic storm are discussed. The particular attention is given to the ionospheric disturbances during the recovery storm phase. This work was financially supported by the Grants from the RF President No. МК-4866.2014.5 and RFBR No. 14-05-00578.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ НЕОДНОРОДНОЙ ПЛАЗМЫ НА ОСНОВЕ КВАЗИОПТИМАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЛЯ

С.И. Книжин, М.В. Тинин

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

POSSIBILITY FOR INCREASING THE RESOLUTION OF DIAGNOSTICS FACILITIES INHOMOGENEOUS PLASMA BASED ON THE QUASI-OPTIMAL FIELD PROCESSING

S.I. Knizhin, M.V. Tinin

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Разрешающую способность средств диагностики неоднородной плазмы можно увеличить с помощью дополнительной пространственной обработки поля. При этом нужно учитывать, что при решении обратных задач возникают проблемы, связанные с дифракцией и многолучевостью, затрудняющие поиск физических характеристик неоднородных сред. Предложенная ранее пространственная обработка поля на основе двойного взвешенного фурье-преобразования (ДВФП) позволяет получать фазовые проекции с устранением влияния дифракционных и многолучевых эффектов на результаты измерений. Основным недостатком данного алгоритма является необходимость обработки поля по двум плоскостям — приема и излучения. В связи с этим был предложен способ пространственной обработки поля только по плоскости приема на основе модификации метода ДВФП для удаленной неоднородности. Обсуждаются возможности такой обработки поля при диагностике неоднородной плазмы.

The resolution of diagnostic tools inhomogeneous plasma can be increased by an additional spatial processing field. Previously proposed spatial processing field based on double weighted Fourier transform (DWFT) allows the projection of phase with the elimination of the effect of diffraction and multipath effects on the measurement results. The main disadvantage of this algorithm is the need for processing the field on two planes - the reception and emission. In this regard, the spatial processing was proposed only on a plane field for reception by modifying the DWFT method for remote inhomogeneity. In this paper, we discuss the possibility of such processing field in the diagnosis of an inhomogeneous plasma.

ИЗМЕРЕНИЯ ВАРИАЦИЙ ПОЛНОГО ЭЛЕКТРОННОГО СОДЕРЖАНИЯ ВДОЛЬ ГЕОМАГНИТНОЙ ШИРОТЫ ВО ВРЕМЯ РАБОТЫ НАГРЕВНОГО СТЕНДА СУРА. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЗА 2014 г.

¹Д.А. Когогин, ¹И.А. Насыров, ²С.М. Грач, ²А.В. Шиндин, ¹Р.В. Загреддинов

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия

²Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия
denis.kogogin@gmail.com

MEASUREMENTS OF TEC VARIATION ALONG THE GEOMAGNETIC LATITUDE DURING SURA FACILITY RUNS. THE EXPERIMENTAL RESULTS FOR 2014

¹D.A. Kogogin, ¹I.A. Nasyrov, ²S.M. Grach, ²A.V. Shindin, ¹R.V. Zagretdinov

¹Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia

¹Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod, Nizhni Novgorod, Russia

Представлены результаты измерения полного электронного содержания (ПЭС) F2-слоя ионосферы Земли вдоль геомагнитной широты с помощью сигналов, излучаемых

с борта навигационных спутников системы GPS, при воздействии на нее мощного коротковолнового радиоизлучения станда СУРА. Регистрация сигналов осуществлялась в трех пространственно-разнесенных пунктах — Зеленодольск, Казань, Васильсурск, расположенных на геомагнитной широте станда СУРА. Особенностью постановки эксперимента является то, что радиотрасса Васильсурск–спутник пересекала возмущенную область ионосферы, а радиотрассы Зеленодольск–спутник и Казань–спутник — нет. Однако в эксперименте во всех трех пунктах наблюдаются вариации, которые коррелируют с временем нагрева ионосферы мощной радиоволной. Относительный размах вариаций ПЭС достигает 0.4 TECU. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 13-02-00957-а, 15-32-50539_мол_нр, 14-02-31459_мол_а) и РНФ (№ 14-12-00706).

Results of measurement of total electron content (TEC) variations along the geomagnetic latitude in the F2 region of the ionosphere caused by powerful radio emission of SURA facility are presented in the report. Parameters of TEC variations were obtained by dual-frequency global navigation satellite systems (GNSS) diagnostics. Registration of signal parameters from GNSS-transmitters were performed at spatially separated sites along the geomagnetic latitude: Vasil'sursk, Zelenodolsk and Kazan. In the experiments radio path from GNSS satellite to Vasil'sursk passed over the disturbed region of ionosphere, but radio paths to Zelenodolsk and to Kazan did not. However correlated with pumping of ionosphere by SURA facility TEC variations were detected for all of three ground measurements sites. Magnitudes of TEC variations reached 0.4 TECU.

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ВЫСОТЫ НИЖНЕЙ ИОНОСФЕРЫ ПО ВАРИАЦИЯМ ФАЗЫ ОНЧ-РАДИОСИГНАЛОВ, ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫХ В ЯКУТСКЕ В ПЕРИОД СОЛНЕЧНОГО ЗАТМЕНИЯ 20.03.2015

А.А. Корсаков, В.И. Козлов, Р.Р. Каримов, В.В. Аргунов

Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю.Г. Шафера СО РАН, Якутск, Россия
korsakov84@yandex.ru

LOW IONOSPHERE EFFECTIVE HEIGHT CHANGES ESTIMATED BY PHASE VARIATIONS OF VLF RADIO SIGNALS REGISTERED IN YAKUTSK DURING SOLAR ECLIPSE 20.03.2015

A.A. Korsakov, V.I. Kozlov, R.R. Karimov, V.V. Argunov

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

В период 19–25 марта 2015 г. в Якутске проводилась регистрация радиосигналов навигационных станций диапазона очень низких частот (ОНЧ, 3–30 кГц). Эффект солнечного затмения 20.03.2015 г. проявился в вариациях фазы сигнала радиостанции «Краснодар» (14.88 кГц) в 9:36–11:15 UT. Максимум отклонения фазы (относительно 21 марта 2015 г., 10:45 UT) составил 0.39 радиан. Эффективная высота h волновода Земля–ионосфера (уровень постоянной концентрации электронов ионосферы вдоль трассы распространения)

$$\Delta h = H \ln(I(\Phi)/I(0)),$$

где $I(\Phi)$ — поток солнечного излучения, зависящий от линейной фазы затмения Φ , $I(0)$ — полный поток в дневное время, H — нормировочный коэффициент. Построено распределение линейной фазы Φ по радиотрассе Краснодар–Якутск. По вариациям фазы радиосигнала оценен коэффициент $H=6.74 \pm 0.54$. Изменение высоты волновода при максимальном затенении трассы Краснодар–Якутск (10:42 UT) составляет 4 км (62° N, 71° E, $\Phi=59.4\%$).

Работа поддержана РФФИ, проект № 14-05-31056 мол_а, и грантом Научно-образовательного фонда поддержки молодых ученых Республики Саха (Якутия) № 2014-01-0015.

Very low frequency (VLF: 3–30 kHz) radio signals of navigation stations registered in Yakutsk during March 19–25, 2015. The effect of solar eclipse 20.03.2015 manifested in phase variations of the radio signal Krasnodar (14.88 kHz) 9:36–11:15 UT. Maximum phase deviation (relative to March 21, 2015, 10:45 UT) is 0.39 radians. The effective height of Earth–ionosphere waveguide h (constant level of the ionosphere electron density along the path):

$$\Delta h = H \ln(I(\Phi)/I(0)),$$

where $I(\Phi)$ — solar radiation flux, depending on the linear phase of the eclipse Φ , $I(0)$ — the daytime solar flux, H — normalization factor. The distribution of the linear phase Φ on the path Krasnodar–Yakutsk (200 km intervals, 3 min. resolution) built. The factor $H=6.74\pm 0.54$ estimated by phase deviations radio signal Krasnodar. The waveguide height changing at maximum shading path is 4 km (62° N, 71° E, $\Phi=0.594$).

The study supported by RFBR No. 14-05-31056 мол_a, by “Scientific and Educational Foundation for Young Scientists of Republic of Sakha (Yakutia)” No. 2014-01-0015.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ КВ-РАДИОВОЛН В ПЕРИОД ВНЕЗАПНОГО СТРАТОСФЕРНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ В ЯНВАРЕ 2009 г. И ГЕОМАГНИТНОЙ БУРИ 26 СЕНТЯБРЯ 2011 г.

^{1,2}Д.С. Котова, ^{1,2}М.В. Клименко, ²В.В. Клименко, ¹В.Е. Захаров,
²Ю.Н. Кореньков, ^{1,2}Ф.С. Бессараб

¹Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград, Россия

²Западное отделение Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн
им. Н.В. Пушкова РАН, Калининград, Россия
darshu@yandex.ru

MATHEMATICAL MODELING OF HF RADIO WAVE PROPAGATION DURING SUDDEN STRATOSPHERIC WARMING IN JANUARY 2009 AND GEOMAGNETIC STORM ON 26 SEPTEMBER 2011

^{1,2}D.S. Kotova, ^{1,2}M.V. Klimenko, ²V.V. Klimenko, ¹V.E. Zakharov,
²Yu.N. Koren'kov, ^{1,2}F.S. Bessarab

¹I. Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

²West Department of Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave
Propagation, Kaliningrad, Russia

Для исследования были выбраны сильное внезапное стратосферное потепление (ВСП), наблюдавшееся 23–27 января 2009 г., и геомагнитная буря 26–29 сентября 2011 г. Эти периоды характеризовались низкой солнечной активностью ($F10.7\sim 70\text{--}100$). Пик ВСП приходился на 23–24 января. Рассматриваются результаты исследования термосферно-ионосферного отклика на ВСП и геомагнитную бурю, полученные с использованием глобальной самосогласованной модели термосферы, ионосферы и протоносферы (ГСМ ТИП). Эта модель используется в качестве среды для изучения распространения коротких радиоволн в периоды этих событий. Для моделирования распространения радиоволн используется модель, построенная в приближении геометрической оптики. Рассматривается трехмерное распространение в экваториальной, среднеширотной и высокоширотной областях ионосферы. Исследуется поведение интегрального и дифференциального затуханий вдоль лучевых траекторий. Работа выполнена при финансовой поддержке Совета по грантам Президента РФ (проект МК-4866.2014.5), РФФИ (проект № 14-05-00578), а также в рамках проекта «Физические механизмы формирования реакции верхней атмосферы и ионосферы на процессы в нижней атмосфере и на поверхности Земли» (задание № 3.1127.2014/К).

The cases of a strong sudden stratospheric warming (SSW), which took place on January 23–27, 2009 and geomagnetic storms on 26 September has been selected for study. These periods were characterized by low solar (F10.7~70–100) activity. Peak warming accounted for on January 23–24. We present our investigation results of thermosphere-ionosphere response to the SSW obtained using Global Self-Consistent Model of the Thermosphere, Ionosphere and Protonosphere (GSM TIP). In this paper, this model is a medium for studying HF radio wave propagation during SSW and storm events. We used the model of HF radio wave propagation, based on geometric optics approximation. We consider the three-dimensional propagation in the equatorial, mid- and high-latitude regions of the ionosphere. We study integral and differential attenuation along the ray paths. Investigations were carried out with the financial support of Russian President MK-4866.2014.5, RFBR Grant № 14-05-00578. This work was partially carried out within the project “Physical mechanisms of the reaction of the upper atmosphere and ionosphere on the processes in the lower atmosphere and on the Earth surface” (State task Education and Science Ministry of the Russian Federation, the competitive part of the task No. 3.1127.2014/K).

НАЗЕМНОЕ ВОЗРАСТАНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ 6 НОЯБРЯ 1997 г.

М.В. Кравцова, В.Е. Сдобнов

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

GROUND-LEVEL ENHANCEMENTS OF COSMIC RAYS ON NOVEMBER 6, 1997

M.V. Kravtsova, V.E. Sdobnov

Institute of Solar-Terrestrial Physics, Russia, Irkutsk

По данным наземных и спутниковых наблюдений интенсивности космических лучей (КЛ) на мировой сети станций методом спектрографической глобальной съемки исследованы вариации жесткостного спектра и анизотропия КЛ в период наземного возрастания интенсивности КЛ (GLE) 6 ноября 1997 г.

Представлены жесткостные спектры, спектры вариаций КЛ и относительные изменения интенсивности КЛ с жесткостью 4 ГВ в солнечно-эклиптической геоцентрической системе координат в отдельные периоды исследуемого события. Показано, что во время рассматриваемого события наблюдалось ускорение протонов до $R \sim 7$ ГВ, однако дифференциальные жесткостные спектры КЛ в диапазоне жесткостей от ~ 0.3 до ~ 7 ГВ не описываются ни степенной, ни экспоненциальной функциями жесткости частиц. В момент GLE Земля находилась в петлеобразной структуре межпланетного магнитного поля.

We have investigated the variations of rigidity spectrum and anisotropy of cosmic rays (CRs) during GLE of November 6, 1997, using ground-based and satellite observations of the CR intensity on the worldwide network of stations. The spectrographic global survey has been used.

This paper presents the rigidity spectrum, CR variation spectra and relative variations of the CR intensity with a rigidity of 4 GV in the solar-ecliptic geocentric coordinate system at certain periods of the event. The acceleration of protons during this GLE is shown to happen up to $R \sim 7$ GV. The differential rigidity spectra of CRs in the range of rigidities from ~ 0.3 to ~ 7 GV during the event under consideration are not described by a power or exponential function of particle rigidity. During GLE, the Earth was in the loop-like structure of the interplanetary magnetic field.

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ШУМОВ
В ОЦЕНКАХ ПОЛНОГО ЭЛЕКТРОННОГО СОДЕРЖАНИЯ ИОНОСФЕРЫ
ПО ДАННЫМ ПРИЕМА СИГНАЛОВ ГЕОСТАЦИОНАРНЫХ
НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВ**

^{1,2}В.Е. Куницын, ¹Г.А. Курбатов, ^{1,2}А.М. Падохин, ²Ю.В. Ясюкевич

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия
yasukevich@iszf.irk.ru

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

**COMPARISON OF NOISE PATTERNS
IN IONOSPHERIC TOTAL ELECTRON CONTENT ESTIMATIONS FROM
SIGNALS OF GEOSTATIONARY NAVIGATIONAL SATELLITES**

^{1,2}V.E. Kunitsyn, ¹G.A. Kurbatov, ^{1,2}A.M. Padokhin, ²Yu.V. Yasyukevich

¹Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

²Institute of Solar-Terrestrial Physics, Russia, Irkutsk

С развитием приемной аппаратуры и появлением в орбитальных группировках навигационных систем геостационарных спутников, передающих сигналы на двух когерентных частотах L-диапазона, появилась возможность использовать эти спутники для исследования полного электронного содержания (ПЭС) ионосферы. При этом интерес представляет качество получаемых данных, в первую очередь, уровень шума в оценках ПЭС. В работе приводятся результаты сравнительного анализа уровня шума в оценках ПЭС по данным приема сигналов геостационарных спутников систем дифференциальной коррекции: индийской GAGAN, европейской EGNOS, американской WAAS, а также китайской навигационной системы COMPASS/Beidou. Используются данные двух приемных пунктов (в европейской части России и в США), оснащенных геодезическими приемниками JAVAD Delta3. Показано, что при оценке ПЭС по данным геостационарных спутников навигационной системы COMPASS/Beidou уровень шума в разы меньше, чем при оценке ТЕС по данным систем дифференциальной коррекции, и соответствует уровню шума в данных GPS/ГЛОНАСС.

With the development of receiving equipment and GNSS constellation the dual frequency L band transmissions are now available from a number of geostationary satellites. These signals can be used for ionospheric total electron content (TEC) estimations. In this connection, the quality of these data, first of all the level of noise in such TEC estimations is of great interest and importance. In this work we present the results of the comparison of the noise patterns in TEC estimations using signals of geostationary satellites of augmentation systems such as indian GAGAN, european EGNOS and american WAAS, as well as the signals of chinese COMPASS/Beidou navigational system. We used data from two receiving sites (in european part of Russia and in USA) equipped with JAVAD Delta3 receivers. We show that noise level in TEC estimations based on geostationary satellites of COMPASS/Beidou system is times smaller than for SBAS and corresponds to those of GPS/GLONASS.

**О ПРИЗНАКАХ ПЕРЕМЕЩАЮЩИХСЯ ИОНОСФЕРНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ
НА ИОНОГРАММАХ**

О.А. Ларюниц, В.И. Куркин

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
laroleg@inbox.ru

ON THE TRAVELING IONOSPHERIC DISTURBANCES SIGNATURES ON THE IONOGRAMS

O.A. Laryunin, V.I. Kurkin

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

Многолучевость на ионограммах может быть связана с перемещающимися ионосферными возмущениями и проявляться в виде так называемых серпов. В связи с этим представляет интерес сравнение признаков перемещающихся ионосферных возмущений, характерных для вертикального, слабонаклонного и наклонного зондирования.

В качестве модели возмущения может быть использован «наклонный слой» — модель, в которой спад электронной концентрации в направлении, перпендикулярном фронту, описывается законом Гаусса. Целесообразно также рассмотрение возмущения волнообразного типа, ограниченного по высоте гауссианом.

Расчеты показывают, что в зависимости от типа и параметров возмущения на синтезированной ионограмме вертикального зондирования многолучевость отсутствует или выражена слабо, тогда как на ионограмме наклонного зондирования она может иметь место в широком диапазоне частот.

Multipath propagation can be associated with traveling ionospheric disturbances (TIDs) and appear as cusps. Therefore it is expedient to compare TID features typical for vertical, quasi-vertical and oblique sounding.

To simulate a disturbances we can use a model of “tilted layer” which implies Gaussian electron density decrease in a direction normal to the wavefront. A model of undulating disturbance localized heightwise can be used as well.

The simulation demonstrates that cusps display multipath propagation for oblique sounding whereas vertical and quasi-vertical ionogram cusps practically does not display multipath propagation.

ОСОБЕННОСТИ ФОРБУШ-ЭФФЕКТОВ, СОЗДАВАЕМЫХ ВЫСОКОСКОРОСТНЫМИ ПОТОКАМИ ИЗ КОРОНАЛЬНЫХ ДЫР, В МИНИМУМЕ И НА ФАЗЕ РОСТА 24 ЦИКЛА СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

¹А.М. Малимбаев, ¹О.Н. Крякунова, ²А.В. Белов, ²А.А. Абуни, ²М.А. Абунина,
²Е.А. Ерошенко, ¹И.Л. Цепакина, ¹Г. Шарипова

¹Дочернее товарищество с ограниченной ответственностью «Институт ионосферы»,
Алматы, Казахстан
nanozavr@mail.ru

²Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН,
Троицк, Москва, Россия

FEATURES OF FORBUSH EFFECTS CREATED BY HIGH-SPEED STREAMS FROM CORONAL HOLES IN THE MINIMUM AND GROWTH PHASE OF THE SOLAR CYCLE 24

¹A.M. Malimbayev, ¹O.N. Kryakunova, ²A.V. Belov, ²A.A. Abunin, ²M.A. Abunina,
²E.A. Eroshenko, ¹I.L. Tsepakina, ¹G. Sharipova

¹Institute of Ionosphere, Almaty, Kazakhstan

²Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation RAS,
Troitsk, Moscow, Russia

Исследованы форбуш-эффекты в космических лучах, вызванные влиянием высокоскоростных потоков плазмы из корональных дыр, в минимуме и на фазе роста 24-го цикла солнечной активности. Рассмотрены наиболее интересные события за указанный период време-

ни. В исследовании была использована база данных по форбуш-эффектам, созданная в ИЗМИРАНе, содержащая значения интенсивности и векторов анизотропии космических лучей, полученные методом глобальной съемки по данным мировой сети нейтронных мониторов. Описаны особенности форбуш-эффектов, создаваемых высокоскоростными потоками солнечного ветра из низкоширотных корональных дыр.

The Forbush effects in cosmic rays under the influence of high-speed stream from coronal holes in the minimum and growth phase of the solar cycle 24 have been investigated. The most remarkable events for this period have been reviewed. The database on Forbush effects created at IZMIRAN, with cosmic ray density and anisotropy calculated by the Global Survey Method (GSM) on the basis of Neutron Monitor network data has been used. The features of the Forbush effects produced by high-speed solar wind streams from low-latitude coronal holes have been described.

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АБСОЛЮТНОГО ПЭС В РАЗЛИЧНЫХ ТОЧКАХ ЗЕМНОГО ШАРА

¹А.А. Мыльникова, ^{1,2}Ю.В. Ясюкевич

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

²Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

PECULIARITIES OF ESTIMATING ABSOLUTE TEC IN DIFFERENT REGIONS

¹A.A. Mylnikova, ^{1,2}Yu.V. Yasyukevich

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

²Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

При восстановлении абсолютного вертикального полного электронного содержания (ПЭС) с использованием GPS/GLONASS большое влияние на точность оказывает функция преобразования наклонного ПЭС в вертикальное (mapping function). Проанализированы функции преобразования для ряда точек земного шара, включая регион Иркутска. Анализ проведен с использованием станций GPS/GLONASS, входящих в международную сеть IGS, а также на основе данных, смоделированных с помощью международной справочной модели IRI-2012. Поправка, которую необходимо вводить для преобразования наклонного ПЭС в вертикальное, составляет примерно 0.97 для Иркутска и 0.94 для арктических широт.

When we evaluate absolute vertical total electron content (TEC), a mapping function influence a lot on the accuracy. We have analyzed the mapping functions for a number of points of the globe, including Irkutsk region. The analysis was performed using the GPS/GLONASS stations, included in the international IGS network, as well as based on simulating with international reference model IRI-2012. The correction a, which must be entered to convert slant TEC to vertical TEC, is ~0.97 for the Irkutsk, 0.94 — for the Arctic region.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ПОДТАЛКИВАНИЯ УПРУГОЙ НИТИ ДЛЯ РАСЧЕТА РАДИОТРАСС В НЕОДНОРОДНЫХ СРЕДАХ

**¹И.А. Носиков, ²П.Ф. Бессараб, ^{1,3}М.В. Клименко, ³В.В. Клименко, ^{1,3}Ф.С. Бессараб,
^{1,3}Д.С. Котова, ¹В.Е. Захаров**

¹Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград, Россия
igor.nosikov@gmail.com

²Королевский технологический институт, Стокгольм, Швеция

³Западное отделение Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН, Калининград, Россия

APPLICATION OF THE NUDGED ELASTIC BAND METHOD FOR THE IONOSPHERIC RAY TRACING IN HETEROGENEOUS MEDIA

¹I.A. Nosikov, ²P.F. Bessarab, ^{1,3}M.V. Klimenko, ³V.V. Klimenko,
^{1,3}F.S. Bessarab ^{1,3}D.S. Kotova ¹V.E. Zakharov

¹I. Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

²Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden

³West Department of Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation, Kaliningrad, Russia

Приведены основные положения метода подталкивания упругой нити и его применение для расчета радиотрасс волн КВ-диапазона. В основе предлагаемого подхода лежит вариационный принцип для функционала оптической длины радиолуча (принцип Ферма). В предлагаемом методе упорядоченный набор точек, являющийся дискретным представлением радиолуча, последовательными поперечными трансформациями преобразуется к оптимальной конфигурации. Для нахождения оптимального положения точек используется градиент функционала от текущего положения точек. Важными особенностями метода являются ликвидация компоненты градиента функционала, направленной вдоль траектории, и введение упругой силы между точками, что позволяет контролировать распределение точек вдоль трассы. Коэффициент упругости рассчитывается в зависимости от кривизны траектории. Данный метод позволяет находить множество решений и рассчитывать многоскачковые трассы. Метод подталкивания упругой нити был применен для расчета радиотрасс в трехмерном случае в среде с показателем преломления, рассчитанным по глобальной самосогласованной модели термосферы, ионосферы и протоносферы (ГСМ ТИП). Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ № МК-4866.2014.5 и гранта РФФИ № 15-35-20364 мол а вед и проводилась в рамках проекта «Физические механизмы формирования реакции верхней атмосферы и ионосферы на процессы в нижней атмосфере и на поверхности Земли» (государственное задание Министерства образования и науки РФ, конкурсная часть, задание № 3.1127.2014/К).

The nudged elastic band method (NEB) for calculating the HF radio paths is proposed and realized. The method is based on direct utilization of the variational principle for the optical path (Fermat's principle). The idea is to transform an arbitrary trajectory to an optimal one, while the endpoints of the trajectory are kept fixed according to the boundary conditions. We propose a version of such a direct variational method, where only transverse displacements of the radio wave ray are used in the optimization algorithm. In our method, a chain of points which gives a discrete representation of the ray is adjusted iteratively to an optimal configuration. Early the method has been applied to various test problems in 2D approach. Results show a good agreement with known analytical solutions. Point's distribution along the path controlled by spring forces between them. The elastic coefficient is depended on the curvature of the trajectory. This method can find the set of solutions and obtain multi-hop ray paths. The method has been applied to study 3D point-to-point ionospheric ray tracing where the properties of the propagation media have been derived using the Global Self-consistent Model of the Thermosphere, Ionosphere and Protonosphere (GSM TIP). This study was financially supported by Grants from the RF President MK-4866.2014.5 and RFBR No. 15-35-20364.

**ПУЛЬСАЦИИ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ И АВРОРАЛЬНОГО СВЕЧЕНИЯ
В ДИАПАЗОНЕ 1–4 мГц В ПОЛЯРНОЙ ШАПКЕ
И ВБЛИЗИ ПОЛЯРНОЙ ГРАНИЦЫ АВРОРАЛЬНОГО ОВАЛА.
«БЕСТРИГГЕРНЫЕ» СУББУРИ И ПРЕДВЕСТНИКИ СУББУРЬ**

**¹Н.С. Носикова, ¹Н.В. Ягова, ^{1,2}В.А. Пилипенко, ¹О.В. Козырева,
³Д. Лоренен, ³Л. Бадделей**

¹Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва, Россия
natanosik@yandex.ru

²Институт космических исследований РАН, Москва, Россия

³Университетский Центр на Свальбарде, Лонгйир, Шпицберген, Норвегия

**1–4 mHz GEOMAGNETIC AND AURORAL LUMINOSITY PULSATIONS
IN POLAR CAP AND NEAR THE POLAR BOUNDARY
OF THE AURORAL OVAL. “TRIGGERLESS” SUBSTORMS
AND SUBSTORM PREDICTORS**

**¹N.S. Nosikova, ¹N.V. Yagova, ^{1,2}V.A. Pilipenko, ¹O.V. Kozyreva,
³D. Lorenen, ³L. Baddeley**

¹Schmidt Institute of Physics of the Earth RAS, Moscow, Russia

²Space Research Institute RAS, Moscow, Russia

³University Centre in Svalbard, Longyearbyen, Svalbard, Norway

Изучены параметры геомагнитных пульсаций и пульсаций авроральной светимости в частотном диапазоне 1–4 мГц (Pc5/Pi3) в периоды низкой возмущенности, предшествующие изолированным суббуриям, и в магнитоспокойные дни. Сопоставлены спектральные параметры пульсаций авроральной светимости и геомагнитного поля в полярной шапке и на полярной границе аврорального овала. Для сравнительного анализа данных сети магнитометров IMAGE и меридионального сканирующего фотометра (о. Шпицберген) был использован кросс-спектральный анализ, а для выделения специфических вариаций, связанных с подготовкой суббури (предвестника суббури), — метод наложенных эпох (SPE, SuperPosed Epoch).

We study parameters of the polar auroral and geomagnetic pulsations in the frequency range 1–4 mHz (Pc5/Pi3) during quiet geomagnetic intervals preceding isolated auroral substorms and non-substorm background variations. The spectral parameters of pulsations of auroral luminosity in the polar cap and near the polar boundary of the auroral oval are studied and compared with those for the geomagnetic pulsations in the same frequency range. Cross-spectral analysis is used to analyze the time series of the geomagnetic data from IMAGE magnetometer network, and the data on auroral luminosity measured by Meridian Scanning photometer (Svalbard) and superposed epoch (SPE) analysis is applied to reveal pre-substorm variations (substorm precursors).

**ПРОЯВЛЕНИЯ ПЕРЕКРЫТИЯ КОЛЬЦЕВОГО ТОКА С ВНЕШНЕЙ
ПЛАЗМОСФЕРОЙ В ДИНАМИКЕ SAR-ДУГИ И ПУЛЬСИРУЮЩИХ СИЯНИЙ**

С.Г. Парников, И.Б. Иевенко, В.Н. Алексеев

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

**MANIFESTATIONS OF THE RING CURRENT OVERLAP WITH THE OUTER
PLASMASPHERE IN THE SAR ARC AND PULSING AURORAE DYNAMICS**

S.G. Parnikov, I.B. Ievenko, V.N. Alexeyev

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

Фотометрические наблюдения на меридиане Якутска (CGMC: 55–60° N, 200° E) показали, что во время фазы восстановления суббури на широтах SAR-дуги обычно наблю-

даются всплески пульсаций свечения в эмиссии 427.8 нм. Эти пульсации отображают пульсирующие высыпания энергичных частиц кольцевого тока в области внешней плазмосферы. В этой работе мы предлагаем возможный механизм возбуждения наблюдаемых пульсаций свечения. Рассмотрены несколько примеров наблюдений пульсаций свечения с частотами 0.05–1 Гц на широтах диффузного сияния и SAR-дуги. Во всех случаях наблюдаемые частоты модуляции высыпаний могут быть объяснены циклотронным резонансом электромагнитных волн с тяжелыми ионами O⁺, которые часто доминируют в составе кольцевого тока, во время суббурь.

Photometric observations at the Yakutsk meridian (CGMC: 55–60° N, 200° E) have shown that during the substorm recovery phase at latitudes of SAR arc the luminosity pulsation splashes in the 427.8 nm emission are usually observed. These pulsations map the pulsating precipitations of the ring current energetic particles in the outer plasmasphere. In this report we consider possible mechanisms for the observed luminosity pulsations. Few events of the luminosity pulsation observation with frequencies of 0.05–1 Hz at the latitudes of diffuse aurora and SAR arc are considered. In all cases the observed modulation frequencies of precipitations can be explained only by the cyclotron resonance of electromagnetic wave with heavy O⁺ ions which can dominate in the ring current during magnetic storms.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДОПЛЕРОВСКОГО СМЕЩЕНИЯ ЧАСТОТЫ В НЕСТАЦИОНАРНОМ ОДНОРОДНОМ РАДИОКАНАЛЕ НА ОСНОВЕ МЕТОДА НОРМАЛЬНЫХ ВОЛН

М.С. Пензин, Н.В. Ильин

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
penzin.maksim@gmail.com, ilyin@iszf.irk.ru

MODELING OF DOPPLER FREQUENCY SHIFT IN NONSTATIONARY RADIO CHANNEL BASED ON THE METHOD OF NORMAL WAVES

M.S. Penzin, N.V. Ilyin

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

В работе представлены результаты моделирования распространения когерентной последовательности импульсов в радиоканале Земля–ионосфера, выполненного в рамках метода нормальных волн. Использование когерентной последовательности импульсов позволило разделить сигнал в точке приема на отдельные лучи. На основе данных моделирования была получена зависимость доплеровского смещения частоты от времени для каждого луча в отдельности при наличии перемещающегося ионосферного возмущения вдоль трассы.

The report presents the results of modeling of the propagation of the coherence pulse sequence through the Earth-ionosphere radio channel by the method of normal waves. Using the coherence pulse sequence allow us to separate signal into rays. Dependencies of the Doppler frequency shift of the time for each ray in the presence of the traveling ionospheric disturbance are obtained basing on the result of modeling.

МОДЕЛЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН ДЛЯ ДИАПАЗОНА ЧАСТОТ 2–10 МГц НА ОСНОВЕ МЕТОДА НОРМАЛЬНЫХ ВОЛН

М.С. Пензин, С.Н. Пономарчук, Н.В. Ильин

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
spon@iszf.irk.ru, ilyin@iszf.irk.ru, penzin.maksim@gmail.com

MODEL OF RADIO WAVE PROPAGATION IN 2–10 MHz FREQUENCY BAND ON THE BASE OF NORMAL WAVE METHOD

M.S. Penzin, S.N. Ponomarchuk, N.V. Piyin

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

Представлен метод описания распространения радиоволн в ионосферном волноводе в рамках метода нормальных волн для диапазона частот 2–10 МГц. Дана модифицированная схема решения радиальной задачи и построения спектра радиального оператора, позволяющая проводить вычисления, когда частота сигнала может быть меньше минимальной критической частоты ионосферного слоя вдоль трассы распространения, при условии, что существует регулярный волновод Земля–ионосфера и число нормальных волн достаточно велико.

In this report we propose the description technique for radio wave propagation in Earth-ionosphere waveguide in framework of waveguide approach in band from 2 MHz to 10 MHz. The presented numerical algorithm of solving the radial problem allows us to calculate field for low-frequency part of decameter range where working frequencies can be lesser than minimal critical frequency for given path under condition that there exists regular Earth–ionosphere waveguide and the number of normal waves is sufficiently large.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛНОГО ЭЛЕКТРОННОГО СОДЕРЖАНИЯ В ВЫСОКОШИРОТНОЙ ИОНОСФЕРЕ С ПОМОЩЬЮ СПУТНИКОВ GPS

¹Н.П. Первалова, ¹Е.Б. Романова, ^{1,2}Д.Д. Каташевцева, ^{1,2}О.В. Тимофеева

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

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

STUDY OF SPATIAL DISTRIBUTION OF TOTAL ELECTRON CONTENT IN THE HIGH-LATITUDE IONOSPHERE BY GPS SATELLITES

¹N.P. Perevalova, ¹E.B. Romanova, ^{1,2}D.D. Katashevtseva, ^{1,2}O.V. Timofeeva

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

²Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

В работе проведено исследование пространственного распределения полного электронного содержания (ПЭС) в высокоширотной ионосфере с помощью спутников GPS. Для анализа использовались данные двухчастотных фазовых измерений, полученные 4–6 мая 2013 г. на трех высокоширотных станциях GPS: NRIL (Норильск), LOVJ (Мурманск), TIXI (Тикси). На некоторых лучах приемник–спутник, проходящих к северу от станций (в области широт 72–84° N), обнаружено резкое уменьшение или увеличение ПЭС. Это означает, что на данных широтах в ионосфере существует ограниченная область с пониженной электронной концентрацией (провал ионизации). Полученные результаты согласуются с данными численного моделирования. Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 14-37-00027).

In this work, we have studied spatial distribution of the total electron content (TEC) in the high-latitude ionosphere by GPS satellites. For the analysis, we have used data of two-frequency phase measurements obtained on May 4–6, 2013 at three high-latitudinal GPS stations, namely, NRIL (Norilsk), LOVJ (Murmansk), TIXI (Tiksi). We have detected a sharp decrease or increase of TEC on some receiver–satellite lines of sight passing northward the stations (in the latitude range 72–84° N). This means that a local region with low electron density («ionization trough») exists in the ionosphere at these latitudes. The obtained results are consistent with the data of numerical simulation. This work was supported by the Grant of the Russian Scientific Foundation (Project No. 14-37-00027).

**ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЯ ВОЗМУЩЕННОСТИ ПОЛНОГО
ЭЛЕКТРОННОГО СОДЕРЖАНИЯ В СРЕДНЕШИРОТНОМ
И АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНАХ ПО ДАННЫМ GPS**

**¹Н.П. Перевалова, ¹И.К. Едемский, ^{1,2}О.В. Тимофеева,
^{1,2}Д.Д. Каташевцева, ¹А.С. Полякова**

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

²Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
olga.timofeeva.1994@yandex.ru

**STUDY OF THE LEVEL OF TOTAL ELECTRON CONTENT DISTURBANCE
IN MIDDLE-LATITUDE AND ARCTIC REGIONS FROM GPS DATA**

**¹N.P. Perevalova, ¹I.K. Edemsky, ^{1,2}O.V. Timofeeva,
^{1,2}D.D. Katashevtseva, ¹A.S. Polyakova**

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

²Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

В работе проведено сравнение уровня возмущенности полного электронного содержания (ПЭС) в среднеширотных и высокоширотных областях ионосферы в 2013 г. с поведением геомагнитных индексов AE , D_{st} , K_p . Для характеристики уровня возмущенности ПЭС использовался специальный индекс WTEC, рассчитанный по данным станций ORDA (Усолье-Сибирское), MOND (с. Монды), NRIL (Норильск). Выявлено, что в высоких широтах поведение WTEC хорошо коррелирует с вариациями AE и хуже — с поведением индекса D_{st} . В средних широтах поведение WTEC хорошо согласуется с вариациями D_{st} . Минимальный уровень возмущенности ПЭС не зависит от сезона в Арктическом регионе. В средних широтах значение минимального уровня возмущенности летом выше, чем зимой. Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда (проект № 14-37-00027).

We have compared the level of disturbance of the total electron content (TEC) in the ionospheric middle-latitude and high-latitude regions in 2013 with the behavior of AE , D_{st} , K_p geomagnetic indexes. The level of TEC disturbance has been characterized by a special index WTEC calculated, using data of three GPS stations, namely, ORDA (Usolye-Sibirskoye), MOND (Mondy), NRIL (Norilsk). We have revealed that at high latitudes the WTEC behavior correlates well with the AE variations. Correlation between WTEC and D_{st} behavior is much less. At the middle latitudes, the behavior of WTEC agrees well with the D_{st} variations. The minimum level of TEC disturbance doesn't depend on the season in the Arctic region. At the middle latitudes, the minimum level value is higher in summer than in winter. This work was supported by the Grant of the Russian Scientific Foundation (Project No. 14-37-00027).

**СПЕКТРОФОТОМЕТРИЯ СРЕДНЕШИРОТНЫХ СИЯНИЙ, НАБЛЮДАВШИХСЯ
В РЕГИОНЕ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ ВО ВРЕМЯ МАГНИТНЫХ БУРЬ
27 ФЕВРАЛЯ 2014 г. И 17 МАРТА 2015 г.**

С.В. Подлесный, А.В. Михалев

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
step8907@mail.ru

**SPECTROPHOTOMETRIC OBSERVATIONS OF MID-LATITUDE AURORAS
IN EASTERN SIBERIA DURING THE FEBRUARY 27, 2014
AND MARCH 17, 2015 MAGNETIC STORMS**

S.V. Podlesny, A.V. Mikhalev

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

В работе исследуются фотометрические и спектральные характеристики среднеширотных сияний, наблюдавшихся в регионе Восточной Сибири во время магнитных бурь 27 фев-

раля 2014 г. и 17 марта 2015 г. Используются оптические и спектральные данные, полученные в Геофизической обсерватории ИСЗФ СО РАН при помощи широкоугольной цветной фотокамеры ФИЛИН-1Ц и патрульного спектрометра САТИ-1М. Во время указанных среднеширотных сияний по данным цветной камеры ФИЛИН-1Ц в северной части небосвода зарегистрировано увеличение яркости ночной атмосферы. Для бури 27 февраля 2014 г. усилился сигнал в R-канале камеры в 3.5 раза, а для бури 17 марта 2015 г. — в 10 и в 3.5 раза в R- и G-каналах камеры соответственно по сравнению с невозмущенными условиями. Анализ данных, полученных с помощью спектрометра САТИ-1М, позволяет предположить, что усиление сигналов в R- и G-каналах цветной камеры ФИЛИН-1Ц в основном обусловлено ростом интенсивностей авроральных эмиссий атомарного кислорода [OI] 557.7 и [OI] 630 нм. Обсуждаются пространственно-временная динамика анализируемых среднеширотных сияний и некоторые вопросы, касающиеся механизмов их формирования.

Работа выполнена в рамках гранта № НШ-2942.2014.5 Президента РФ государственной поддержки ведущих научных школ РФ.

The paper addresses photometric and spectral characteristics of the mid-latitude auroras observed in Eastern Siberia during the February 27, 2014 and March 17, 2015 magnetic storms. We have used optic and spectral data received in the ISTP SB RAS Geophysical Observatory by the FILIN-1C wide-angle color camera and SATI-1M patrol spectrometer. Increased brightness of nocturnal atmosphere was recorded in the northern part of the sky during the mentioned mid-latitude auroras by the FILIN-1C wide-angle color camera data. A signal in the R channel of the camera increased threefold for the February 27, 2014 storm; in the R and G channels of the camera, tenfold for the March 17, 2015 storm, respectively, as compared to undisturbed conditions. An analysis of spectral observations received by the SATI-1M spectrometer allows us to assume that the increased signals in the R and G channels of the color camera are mainly conditioned by increased [OI] 557.7 nm and [OI] 630 nm atomic oxygen auroral emission intensities. We discuss spatio-temporal dynamics of the mid-latitude auroras analyzed and some issues of mechanisms of their formation.

The study was supported by the RF President Grant of Public Support for RF Leading Scientific Schools (No. 2942.2014.5).

ВОЗМУЩЕНИЯ ПОЛНОГО ЭЛЕКТРОННОГО СОДЕРЖАНИЯ В ЗОНЕ ДЕЙСТВИЯ ТАЙФУНОВ В НОЧНОЕ ВРЕМЯ

А.С. Полякова, Ю.В. Ясюкевич

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

TOTAL ELECTRON CONTENT DISTURBANCES IN TYPHOON REGIONS AT NIGHTTIME

A.S. Polyakova, Yu.V. Yasukevich

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

С использованием данных полного электронного содержания (ПЭС) по измерениям GPS/ГЛОНАСС были проанализированы ионосферные возмущения в зоне действия мощных тайфунов Neuguri (2–13 июля 2014 г.) и Halong (28 июля — 9 августа 2014 г.) в регионе Японии. Показано, что интенсивность возмущений ПЭС с периодом 2–20 мин, генерируемых при прохождении вечернего солнечного терминатора, значительно увеличивается в дни максимального развития циклонов, а также в периоды их нахождения над сушей. Амплитуда вариаций ПЭС составляет 0.5–1.5 TECU, что в 3–10 раз превышает аналогичные значения в спокойное время. При этом характер возмущений (период, направление распространения, время появления) не изменяется и соответствует характеру вариаций, наблюдаемых до и

после тайфунов. Работа выполнена в рамках гранта № НШ-2942.2014.5 Президента РФ государственной поддержки ведущих научных школ РФ.

Using GPS/GLONASS total electron content (TEC) measurements, ionospheric disturbances in the regions of powerful typhoons Neuguri (03–12 August 2014) and Halong (2014) in Japan were analyzed. It is shown that the intensity of TEC variations with a period of 2–20 min, generated by passing the evening solar terminator, increases significantly during the cyclone development stage and in the periods of their being over land. The amplitude of TEC variations is from 0.5 to 1.5 TECU, which is up to 3–10 times higher than the same values at a quiet time. The pattern of the disturbances (period, propagation direction, time of occurrence) is not changed and corresponds to the character of the variations observed before and after typhoons. The study was done under RF President Grant of Public Support for RF Leading Scientific Schools No. NSh-2942.2014.5.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ИОНОСФЕРЫ
В ПЕРИОДЫ ВНЕЗАПНЫХ СТРАТОСФЕРНЫХ ПОТЕПЛЕНИЙ
В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ РОССИИ**

А.С. Полякова, А.А. Мыльникова

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

**STUDYING THE IONOSPHERIC DYNAMICS DURING SUDDEN
STRATOSPHERIC WARMINGS IN ARCTIC REGION OF RUSSIA**

A.S. Polyakova, A.A. Mylnikova

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

Проведено исследование поведения ионосферы в Арктическом регионе России в периоды внезапных стратосферных потеплений (ВСП) с использованием данных вертикального зондирования и полного электронного содержания (ПЭС), полученных по измерениям GPS/ГЛОНАСС. Для выявления возможной реакции ионосферы на события ВСП выполнен анализ отклонений электронной концентрации F2-слоя ионосферы и ПЭС от фонового уровня. Исследована пространственная структура изменений амплитуды суточных вариаций ПЭС в регионе. Показано, что в спокойных геомагнитных условиях динамика высокоширотной ионосферы в периоды ВСП существенно отличается от регулярной. Выявлено, что потепления, произошедшие в середине зимы, сопровождаются уменьшением амплитуды суточных вариаций ПЭС в периоды их интенсивного развития и ростом амплитуды после максимума ВСП. Эти изменения наблюдаются до $\sim 75^\circ$ N. Работа выполнена в рамках гранта № НШ-2942.2014.5 Президента РФ государственной поддержки ведущих научных школ РФ и гранта РФФИ № 15-05-05227_а.

The ionospheric behavior during sudden stratospheric warmings was investigated in the Russia's Arctic region using vertical sounding and GPS/GLONASS total electron content (TEC) data. For identifying a possible response of the high-latitude ionosphere on SSW events the analysis of deviations of F2-layer electron density and TEC from background levels was done. Spatial pattern of the amplitude of diurnal variations of TEC were also studied. It is shown that in quite geomagnetic conditions the dynamics of the high-latitude ionosphere differs significantly from regular during SSWs. It is also identified that SSW events, occurring in middle winter, are usually accompanied by a decrease of the amplitude of diurnal variations of TEC during its development stage and by an increase of the amplitude after the SSW peak. These changes are observed up to $\sim 75^\circ$ N latitude. The work is performed under support of the RF President Grant of Public Support for RF Leading Scientific Schools (No. NSh-2942.2014.5) and the RFBR grant No. 15-05-05227_а.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОГЛОЩЕНИЯ ПОЛЯРНОЙ ШАПКИ
НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ КВ-РАДИОВОЛН
В АРКТИЧЕСКОМ РЕГИОНЕ РОССИИ**

^{1,2}**Д.Д. Рогов, ²Н.Ю. Заалов, ²Е.В. Москалева, ¹В.А. Ульев**

¹Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, Россия
rogovdenis@mail.ru

²Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

**MODELING OF THE POLAR CAP ABSORPTION INFLUENCE ON
HF RADIO WAVE PROPAGATION IN ARCTIC REGION OF RUSSIA**

^{1,2}**D.D. Rogoy, ²N.Y. Zaalov, ²E.V. Moskaleva, V.A. Uljev**

¹Arctic and Antarctic Research Institute, Saint-Petersburg, Russia

²Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia

Значительное увеличение электронной концентрации в нижней ионосфере полярной шапки Земли, обусловленное солнечными протонными вспышками, приводит к сильному ослаблению сигналов радиотехнических систем КВ-диапазона, работающих в этих регионах. Предложен метод учета поглощения на трассах распространения радиоволн КВ-диапазона, основанный на применении известных эмпирических моделей поглощения. Проведен пример расчета ионограмм вертикального и наклонного зондирования ионосферы с учетом эффектов поглощения с помощью модифицированной лучевой программы моделирования распространения радиоволн в трехмерно-неоднородной ионосфере. Показано удовлетворительное соответствие результатов моделирования экспериментальным данным, полученным на российской арктической сети ионосферных наблюдений (риометры, ионозонды вертикального и наклонного зондирования) в период проявления эффектов поглощения полярной шапки.

Significant increase of the electron density in D-layer of polar cap ionosphere occurs due to the powerful proton solar fluxes, producing a strong attenuation of HF radio systems signal, which operate in these regions. The method of absorption calculation based on the well-known empirical models at the HF radio wave propagation paths was proposed. The absorption effects induced by the proton precipitations were calculated in according to the well-known empirical polar cap absorption models. Vertical and oblique sounding ionograms with absorption effects were calculated using a modified ray-tracing method of radio wave propagation in the Earth ionosphere with three-dimensional irregularities. A good agreement of the simulation results with the experimental data provided by the Arctic network of ionospheric observation (riometers, vertical and oblique sounding ionosondes) during the polar cap absorption events was observed.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ АНТЕННОЙ СИСТЕМЫ НОВОГО РАДАРА
НР-МСТ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ**

А.Г. Сетов, А.В. Медведев, Д.С. Кушнарев, Р.В. Васильев, В.П. Лебедев

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

**INVESTIGATION OF NEW IS-MST RADAR ANTENNA SYSTEM CAPABILITIES
FOR DIFFERENT OPERATION MODES**

A.G. Setov, A.V. Medvedev, D.S. Kushnarev, R.V. Vasilyev, V.P. Lebedev

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

В ближайшие годы в Иркутском регионе будет построен радар НР-МСТ, сочетающий в себе возможности радара некогерентного рассеяния (НР) и мезосферно-стратосферно-

тропосферного (МСТ) радара. В данной статье описывается конфигурация, характеристики и режимы работы антенной системы будущего радара, приводятся диаграмма направленности и доступный сектор обзора пространства. Оцениваются возможности антенной системы радара в задачах исследования ионосферы и нейтральной атмосферы, а также при радиоастрономических наблюдениях.

Over the next years IS-MST radar fitted for operation in incoherent scatter (IS) and mesosphere-stratosphere-troposphere (MST) modes will be built in Irkutsk region. In this paper future radar antenna system configuration, characteristics and operation modes are described; radiation pattern and available field of view are given. Radar antenna system capabilities are estimated for research problems of studying ionosphere and neutral atmosphere as well as for radio astronomy observations.

РЕГРЕССИОННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУР ПО ДАННЫМ ИРКУТСКОГО РАДАРА НЕКОГЕРЕНТНОГО РАССЕЯНИЯ

^{1,2}В.П. Ташлыков, ¹Р.В. Васильев, ¹А.В. Медведев, ¹А.А. Щербаков

¹Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
tashlycov.victor@gmail.com

²Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия

REGRESSION METHOD FOR DETERMINING TEMPERATURES FROM IRKUTSK ISR DATA

^{1,2}V.P. Tashlykov, ¹R.V. Vasilyev, ¹A.V. Medvedev, ¹A.A. Shcherbakov

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

²Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

Задача корректного определения электронных и ионных температур по данным Иркутского радара некогерентного рассеяния (ИРНР) остается актуальной на протяжении двух десятков лет работы радара. Многообразие физических процессов, происходящих в ионосфере и искажающих сигнал ИР, обуславливает сложность этой задачи. Алгоритмы обработки сигналов ИР подразумевают оценку их автокорреляционных функций (АКФ), которые имеют простой критерий выбора характерных точек без потери разрешения (по сравнению со спектральными данными). Согласно теореме Винера–Хинчина, АКФ связана со спектром мощности сигнала через преобразование Фурье. В первом приближении спектр сигнала ИР можно представить в виде свертки спектра зондирующего сигнала и спектра рассеяния излучения на плазме, для которого существуют аналитические выражения. Таким образом, можно составить однозначное соответствие пар значений температур и пар значений характерных точек (времени первого нуля и первого минимума). Для определения температур по полученным табличным значениям построена нелинейная регрессия, максимальная теоретическая ошибка которой не превышает 7 %. Приводится сравнение температур, полученных с помощью регрессии, с данными ИРНР, радара Милстоун-Хилл и модели IRI-2012.

A problem of correct determination of electron and ion temperatures according to the Irkutsk ISR data has been vital during two decades of the radar operation. Variety of physics, taking place in the ionosphere and distorting the ISR signal, makes the problem rather hard. Signal processing algorithm for the ISR data demands the estimation of autocorrelation functions (ACFs) which have a simple selection criterion for its characteristic points with better resolution than for that of spectral data. According to the Wiener–Khinchin theorem, ACF of the signal relates to its spectrum by the Fourier transformation. As a first approximation, the ISR spectrum may be presented as the convolution of the probing signal spectrum and the spectrum of plasma scattering that has analytical relations. Hence, the unique correspondence between the pairs of temperatures and the ACF characteristic points (the first null and the first minimum time) was made. To estimate temperatures, nonlinear regression was carried out using the table values.

Maximum regression error was $\sim 7\%$. We compared the temperatures obtained by the regression and data of Irkutsk ISR, Millstone Hill Radar and the IRI-2012 model.

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОЦЕНКА НЕКОТОРЫХ КЛЮЧЕВЫХ ПАРАМЕТРОВ ФОТОМЕТРА ДЛЯ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ С ИРНР

И.Д. Ткачев, Р.В. Васильев, В.Е. Заруднев

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
tkachev_ivan_67@mail.ru

RESEARCH AND ASSESSMENT OF SOME KEY PARAMETERS OF THE PHOTOMETER TO WORK WITH IRIS

I.D. Tkachev, R.V. Vasilyev, V.E. Zarudnev

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

На Иркутском радаре некогерентного рассеяния проводился ряд экспериментов по двухчастотной модификации ионосферы. Результаты экспериментов неоднозначны, поэтому предпринимается попытка создания фотометра для детектирования излучения нагретой ионосферной плазмы в оптическом диапазоне. С помощью такого фотометра можно будет не только наблюдать нелинейные эффекты, но и детектировать космические объекты, искусственные спутники, метеориты и т. п. синхронно с ИРНР. В работе проводится оценка некоторых ключевых параметров фотометра: динамического диапазона измерительной системы, чувствительности, времени выхода фотоумножителя на устойчивый режим работы после включения, порога компаратора и формы одноэлектронного импульса.

A series of experiments on 2-frequency ionospheric modification was carried out on the Irkutsk Radar of Incoherent Scatter. Recent results of experiments are ambiguous, therefore an attempt to create a photometer for detecting radiation of heated ionospheric plasma in the optical range. Also with the help of the photometer we can observe not only nonlinear effects, but also to detect space objects, artificial satellites, meteorites and others synchronously with IRIS. In this paper we evaluated some key parameters of photometer: the dynamic range of the measurement system, time of stabilization of the photomultiplier after its inclusion, sensitivity, threshold of the comparator and the shape of the single-electron pulse.

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ МОДЕЛИ ПОЛНОГО ЭЛЕКТРОННОГО СОДЕРЖАНИЯ GEMTEC

А.А. Холмогоров

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
varagon007@yandex.ru

COMPARATIVE TESTING OF THE MODEL GEMTEC OF TOTAL ELECTRON CONTENT

A.A. Kholmogorov

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Проведен сравнительный анализ моделей полного электронного содержания ионосферы, а именно, моделей NTCM-GL, GEMTEC и Клубучара. Дана их краткая характеристика. Сравняется качество воспроизведения экспериментальных данных путем тестирования моделей по остаточной ошибке позиционирования на данных сети станций IGS. Показано, что модели GEMTEC и NTCM-GL дают более высокую точность позиционирования.

ния, чем модель Клобучара. Наилучшие результаты коррекции ионосферной ошибки обеспечивает модель GEMTEC.

The article is devoted to the comparative analysis models of the total electron content of the ionosphere. Three models such as Klobuchar, GEMTEC and NTCM-GL are compared. Testing shows that the models GEMTEC and NTCM-GL are of a higher positioning accuracy than the model Klobuchar. Model GEMTEC provides the best results ionosphere error correction.

**СЕЗОННЫЕ ВАРИАЦИИ СКОРОСТИ НЕЙТРАЛЬНОГО
МЕРИДИОНАЛЬНОГО ВЕТРА НА ИОНОСФЕРНЫХ ВЫСОТАХ
В СРЕДНИХ ШИРОТАХ СИБИРСКОГО РЕГИОНА**

А.А. Щербаков, А.В. Медведев, Д.С. Кушнарев

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

**SEASON VARIATIONS IN THE MERIDIONAL NEUTRAL WIND AT IONOSPHERIC
HEIGHTS IN MIDDLE LATITUDES OF THE SIBERIAN REGION**

A.A. Shcherbakov, A.V. Medvedev, D.S. Kushnarev

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

В работе представлено исследование ветровой динамики на высотах F2-слоя ионосферы с помощью Иркутского радара некогерентного рассеяния (ИРНР) в период роста солнечной активности 2011–2014 гг. Кратко рассмотрена методика получения скоростей термосферных ветров на ИРНР, а также представлена экспериментальная проверка работоспособности описанной методики на основе определения скорости низкоорбитальных спутников. Проанализированы длинные ряды данных и показаны основные характеристики среднеширотного меридионального нейтрального ветра над Восточной Сибирью для различных сезонов года. Кроме того, было проведено сравнение полученных параметров ветра с результатами моделирования и параметрами, полученными на других установках ИР.

This work describes the study of the meridional neutral wind dynamics at the ionosphere F2 layer heights with Irkutsk Incoherent Scatter Radar (IRNR) during the growth of solar activity period in 2011–2014. It briefly discusses the technique of obtaining thermospheric wind velocity with IRNR. Also it shown the experimental verification of the described technique based on the determination of the low-orbit satellites` velocities. We analyzed the long rows of data and show the main characteristics of midlatitude meridional neutral winds over Eastern Siberia for different seasons of the year. In addition, we compared our results with model predictions and winds obtained on other IS facilities.

**ОСНОВНЫЕ ГАЗОВЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ ТЕРМОСФЕРЫ [O]/[N₂] И [O₂]/[O]
В ГОДЫ МИНИМУМА СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ (2007–2009 ГГ.)
НА СТАНЦИИ «НОРИЛЬСК»**

О.Е. Яковлева, Г.П. Кушнаренок, Г.М. Кузнецова

Институт солнечно-земной физики, Иркутск, Россия
yakovleva@iszf.irk.ru

**THE MAIN GAS COMPONENTS OF THE THERMOSPHERE [O]/[N₂] AND [O₂]/[O]
IN THE YEARS OF MINIMUM SOLAR ACTIVITY (2007–2009)
AT THE STATION NORILSK**

O.E. Yakovleva, G.P. Kushnarenko, G.M. Kuznetsova

Institute of Solar-Terrestrial Physics, Irkutsk, Russia

Получены отношения основных газовых составляющих термосферы [O]/[N₂] и [O₂]/[O] на высотах ниже 200 км на ионосферных станциях «Норильск» (69° N, 88° E) и «Ир-

кутск» (52° N, 104° E) во время последнего минимума солнечной активности (2007–2009 гг.). Оценки выполнены по методике авторов с использованием данных по электронной концентрации, полученных из измерений методом вертикального зондирования ионосферы. Исследовались сезонные изменения указанных отношений в спокойных и возмущенных геомагнитных условиях.

The main gas components ratios $[O]/[N_2]$ and $[O_2]/[O]$ of the thermosphere in the heights lower 200 km at two ionospheric stations Norilsk (69° N, 88° E) and Irkutsk (52° N, 104° E) during the last solar activity minimum years (2007–2009) were received. The estimates performed by means of method of the authors with using of the electron density data derived from the vertical soundings measurements of the ionosphere. The seasons variations of the main ratios were studied in the quiet and disturbed geomagnetic conditions.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ГРАФОВ ДЛЯ ИОНОСФЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

¹Ю.В. Ясюкевич, ²И.В. Живетьев

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

²Институт космических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН, Паратунка, Россия
i.zhivetiev@gmail.com

USING NETWORK TECHNOLOGY FOR STUDYING THE IONOSPHERE

¹Yu.V. Yasyukevich, ²I.V. Zhivetiev

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

²Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation FEB RAS, Paratunka, Russia

Одна из проблем физики ионосферы — взаимосвязь различных регионов ионосферы друг с другом. В работе рассмотрено использование технологии графов для изучения ионосферной динамики. В качестве экспериментальных использовались данные глобальных ионосферных карт GIM лаборатории CODE 2005–2010 гг. Распределение максимумов функций корреляции изменения полного электронного содержания (ПЭС) в ионосфере имеет сложный характер и позволяет выделить два уровня взаимосвязи между регионами: сильная связь ($r > 0.91$), слабая связь ($r > 0.76$). Сильная связь характерна для ионосферы Арктического региона выше 50° MLat. Для Южного полушария это область гораздо больше. Слабая связь характерна для всего Южного полушария. На юге Северной Америки имеется область, в которой динамика ПЭС коррелирована в различных узлах и практически не коррелирована с динамикой остальной ионосферы.

One of the key problems of the ionosphere physics is a problem of coupling the ionosphere of different regions. We suggest networks technology for studying the coupling of changing ionosphere dynamics in different regions. We used data of global ionosphere maps GIM produced by CODE for 2005–2010. Distribution of total electron content (TEC) changing cross-correlation function maximum value is not simple. This distribution allow two level of ionosphere coupling to be reveal: «strong» ($r > 0.91$) and «weak» ($r > 0.76$). Ionsphere of Arctic region upper 50° MLat characterizes by «strong» coupling. For Southern hemisphere similar region is bigger. “Weak” coupling is typical for all southern hemisphere. In the North America region there is an area where TEC dynamics is «strong» correlated inside and is not correlated with other regions of ionosphere.

КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ

СЕКЦИЯ С

ДИАГНОСТИКА ЕСТЕСТВЕННЫХ НЕОДНОРОДНЫХ СРЕД И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

НЕЛИНЕЙНАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ГЕО- И ГЕЛИОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

И.А. Белашова, В.В. Бочкарев

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия
inkin91-91@mail.ru

NONLINEAR FILTERING OF TIME SERIES OF GEO- AND HELIOPHYSICAL PARAMETERS

I.A. Belashova, V.V. Bochkarev

Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia

В настоящее время широкой популярностью пользуется такой метод обработки сигналов, как пороговая вейвлет-фильтрация. Основной ее принцип заключен в следующем: при фильтрации оставляются коэффициенты, содержащие наибольший объем информации о фильтруемом сигнале, что в случае использования критерия минимума квадратичного отклонения эквивалентно выбору самых больших по модулю коэффициентов. Применение данной стратегии может быть некорректно, когда речь заходит о рядах с распределением флуктуаций, существенно отличающимся от нормального.

В таком случае может быть предпочтительным применение других критериев качества, например критерия максимального правдоподобия. Поскольку вид данной функции может сложным образом зависеть от параметров, для нахождения ее минимума предлагается использовать методы оптимизации (генетические алгоритмы, метод имитации отжига, методы детерминированного поиска). В данной работе рассматривается возможность применения фильтрации по критерию максимального правдоподобия к анализу рядов числа солнечных пятен, а также рядов ионосферных параметров.

Today threshold wavelet filtering is a widely popular method of signal processing. It's basic principle is concluded as follows: filtering coefficients are left, containing the largest amount of information about the filtered signal that the use of the criterion of minimum deviation is equivalent to choosing the largest module coefficient. Using of this strategy may be incorrect, when we talk about the ranks of the distribution of fluctuations, which are materially different from normal.

In this case, it may be preferable to use other quality criterions, such as maximum likelihood criterion. Since the form of this function may depend in a complicated way on the options, for finding a minimum it is suggested to use optimization techniques (genetic algorithms, simulated annealing method, deterministic methods of searching). In this paper we consider the possibility of filtering by maximum likelihood criterion analysis to the sunspot number series as well as series of ionospheric parameters.

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПРОИЗВОЛЬНО ОРИЕНТИРОВАННЫХ ОДИНОЧНЫХ МОЛЕКУЛ ВБЛИЗИ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

С.В. Бойченко

Иркутский филиал Института лазерной физики СО РАН, Иркутск, Россия
ste89@yandex.ru

HIGH-EFFICIENT VISUALIZATION OF ARBITRARILY ORIENTED SINGLE MOLECULES NEAR THE METAL SURFACE

S.V. Boichenko

Irkutsk Branch of the Institute of Laser Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Флюоресцентная визуализация произвольно ориентированных одиночных молекул (ОМ) исключительно важна для некоторых приложений, но она не может быть реализована с помощью обычной флюоресцентной микроскопии. Однако она может быть выполнена с применением эллиптически-поляризованных цилиндрических векторных пучков в лазерной конфокальной сканирующей флюоресцентной микроскопии (ЛКСФМ). Мы моделируем расчетным путем визуализацию произвольно ориентированных ОМ родамина 6G, находящихся в пленке полиметилметакрилата под плоским слоем серебра, реализуемую с применением данной методики. Чтобы описать количественно зависимость максимума интенсивности ЛКСФМ изображения ОМ от ориентации данной ОМ, мы используем параметр эффективности визуализации, который может принимать значения между 0 и 1. Чем больше значение данного параметра, тем качественнее визуализация. Показано, что достижимо значение параметра эффективности >90 % при расстояниях между молекулой ОМ и металлическим слоем >150 нм.

For some applications the fluorescence visualization of arbitrarily oriented single molecules (SMs) is of high importance, but it cannot be performed by means of conventional fluorescence microscopy. However, it can be performed by using elliptically polarized cylindrical vector beams in laser-scanning confocal fluorescence microscopy (LSCFM). We theoretically simulate the visualization of arbitrarily oriented Rhodamine 6G SMs situated in a poly (methyl methacrylate) film under a plane silver surface, performed by means of this technique. To quantify the dependence of the intensity maximum of the LSCFM image of a SM on the molecule orientation, we used the visualization efficiency parameter, which can amount between 0 and 1. The larger this parameter is, the better the visualization is. We have shown that the efficiency parameter of >90 % is reachable when the distance between the metal layer and a SM is >150 nm.

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ РАДИАЦИОННЫХ И ПРИМЕСНЫХ НАНОДЕФЕКТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ РОСТА ИОННОГО КРИСТАЛЛА

¹Л.И. Брюквина, ²А.В. Леонова, ¹М.Д. Зимин, ³Н.В. Леонова

¹Иркутский филиал Института лазерной физики СО РАН, Иркутск, Россия
baikal@ilph.irk.ru

²Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия
ann3leo@gmail.com

³Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия
anleonova@mail.ru

INVESTIGATION OF PROPERTIES OF RADIATION AND IMPURITY NANODEFECTS DEPENDING ON CONDITIONS OF IONIC CRYSTAL GROWTH

¹L.I. Bryukvina, ²A.V. Leonova, ¹M.D. Zimin, ³N.V. Leonova

¹Irkutsk Branch of the Institute of Laser Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

²Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

³Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

Диагностика распределения радиационных и примесных нанодефектов и форм вхождения их в кристалл имеют большое значение, так как ионные кристаллы, такие как LiF и NaF, широко применяются в качестве дозиметров радиационного и лазерного излу-

чений, а в последнее время — в качестве микро- и наноустройств, записываемых в кристалле фемтосекундными лазерными импульсами. Особенности выращивания кристаллов влияют на свойства люминесцирующих центров окраски, наводимых радиационным излучением, и определяют их использование.

Нами изучены зависимости распределения точечных дефектов в кристалле от законов изоморфного замещения и форм вхождения катионных и анионных примесей от условий насыщения расплава примесями и от образования твердых растворов замещения или внедрения.

Подбор необходимых параметров и анализ условий роста кристалла позволяет управлять однородностью распределения радиационных и примесных наноструктур в кристалле.

Diagnostics of distribution of radiation and impurity nanodefects and forms of defects imbedding in a crystal are of great importance since ionic crystals, such as LiF, NaF, have broad application as radiations dosimeters, laser media, and recently as micro and nano-devices which are written down in a crystal by femtosecond laser pulses. Features of a crystal growth influence on properties of the luminescent color centers induced by radiation and define their using.

We studied dependences of distribution of point defects in a crystal from laws of isomorphic replacement and kinds of cation and anion complexes, from conditions of melt saturation by impurities and from creation of solid solutions of replacement or introduction.

Selection of necessary parameters and the analysis of conditions of a crystal growth allow operating homogeneous distribution of nanostructures induced by radiation and impurity in a crystal.

РАСЧЕТ ТЕКУЩИХ ЗНАЧЕНИЙ ПОЛНОГО ЭЛЕКТРОННОГО СОДЕРЖАНИЯ ИОНОСФЕРЫ НА ОСНОВЕ КОРРЕКТИРУЕМОЙ СРЕДНЕМЕСЯЧНОЙ МОДЕЛИ

¹Е.М. Вдовин, ¹С.И. Книжин, ²А.А. Мыльникова, ¹В.И. Сажин

¹ Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
sazhin@physdep.isu.ru

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

COLCULATION OF CURRENT VALUES OF THE IONOSPHERE TOTAL ELECTRON CONTENT FROM CORRECTED MONTHLY AVERAGE MODEL

¹Е.М. Vdovin, ¹S.I. Knizhin, ²A.A. Mylnikova, ¹V.I. Sazhin

¹Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

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

Проводится оценка эффективности определения текущих значений полного электронного содержания (ПЭС) ионосферы на основе коррекции среднемесячной ионосферной модели, дающей высотный профиль электронной концентрации. Для пункта Иркутска использованы данные по критической частоте, полученные при вертикальном зондировании (ВЗ) ионосферы, проводимом в ИСЗФ СО РАН, и данные, взятые из известной базы данных SPIDR. Эффективность коррекции оценивалась сравнением величин ПЭС, рассчитанных по скорректированной модели, и данных по ПЭС глобальных ионосферных карт GIM лаборатории CODE, размещаемых в Интернет, а также данных измерений на двухчастотном приемнике в системе GPS/ГЛОНАСС. Данные обработаны по методике, разработанной в ИСЗФ СО РАН. Кроме того, оценивается возможность использования вместо данных ВЗ значений ПЭС, найденных из измерений, для оперативной коррекции среднемесячной модели ионосферы.

The effectiveness of evaluation of the current value of the total electron content (TEC) of the ionosphere has been assessed on the basis of corrected monthly average model providing the altitude profile of the electron density. Data on the critical frequency for Irkutsk are received by means of vertical probing, carrying at Institute of Solar-Terrestrial Physics (ISTP), and also taken from known database SPIDR. The correction effectiveness is evaluated by means of comparison of TEC values calculated by corrected model and TEC data lab CODE's global ionospheric maps GIM, which are set in the Internet. Also for this purpose the TEC values calculated by corrected model were collated with data, received by measurements of double-frequency receiver GPS/GLONASS. All data were processed according to the procedure, developed by ISTP. As well possibility to use measured TEC values for actual correction of monthly average model of ionosphere instead of the vertical probing data is estimated.

**ИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ МЕРЦАНИЙ
ДИСКРЕТНОГО РАДИОИСТОЧНИКА НА ИРКУТСКОМ РАДАРЕ
НЕКОГЕРЕНТНОГО РАССЕЯНИЯ**

М.В. Глоба, Р.В. Васильев, Д.С. Кушнарев, А.В. Медведев

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

**INTERFEROMETRIC OBSERVATIONS OF DISCRETE RADIO SOURCE
SCINTILLATIONS AT IRKUTSK INCOHERENT SCATTER RADAR**

M.V. Globa, R.V. Vasilyev, D.S. Kushnarev, A.V. Medvedev

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

Приведены результаты наблюдений ионосферных мерцаний радиосточника Лебедь-А на Иркутском радаре НР с 2012 по 2014 г. Для анализа мерцаний были построены изображения радиосточника с периодом 18 с и для каждого изображения определены основные статистические параметры, отражающие положение и угловой размер радиосточника. Показано, что изменение этих статистических характеристик не коррелирует с изменениями мощности (мерцаниями) радиосточника, возникающими вследствие прохождения радиосигнала через ионосферные неоднородности.

Results of observations of radiosource Cygnus-A ionospheric scintillations at Irkutsk Incoherent scatter Radar during the period of 2012–2014 are presented. For scintillations analysis the images of radiosource with period of 18 seconds were constructed and basic statistical parameters representing position and angular size of the radiosource are calculated for each image. It is shown that changes of these statistical characteristics do not correlate with fluctuations in power (scintillations) of the signal caused by radio wave propagation through ionospheric irregularities.

**ОЦЕНКА ВЫСОТЫ ОТРАЖЕНИЯ МОЩНОЙ РАДИОВОЛНЫ
И ГРАНИЦ ОБЛАСТИ ПЛАЗМЕННЫХ РЕЗОНАНСОВ ИОНОСФЕРЫ
МЕТОДАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
ДЛЯ НАГРЕВНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ НА СТЕНДЕ СУРА В АВГУСТЕ 2014 г.**

¹В.О. Дементьев, ¹И.А. Насыров, ²А.Б. Белецкий, ³С.М. Грач

¹Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия
vdemen@yandex.ru

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

³Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия

**THE ESTIMATION OF THE POWERFUL RADIO WAVE REFLECTION HEIGHT
AND THE BOUNDARIES OF A PLASMA RESONANCE REGION
OF THE IONOSPHERE BY MATHEMATICAL MODELING METHODS FOR
THE HEATING EXPERIMENTS AT SURFA FACILITY IN AUGUST 2014**

¹V.O. Dementyev, ¹I.A. Nasyrov, ²A.B. Beletsky, ³S.M. Grach

¹Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia

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

³Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod, Nizhni Novgorod, Russia

В работе на основе международной справочной модели ионосферы IRI-2012 рассматриваются численные эксперименты по нахождению высоты отражения лучевых траекторий радиоволн и границ высот области плазменных резонансов ионосферы для нагревных экспериментов на стенде СУРА (56°8'37.28" N, 46°5'56.57" E) в августе 2014 г. В результате анализа показано, что слой плазменных резонансов расположен на высотах от 240 до 310 км. Границы высот плазменных резонансов и высоты отражения траекторий уменьшаются с уменьшением частоты передатчика. С уменьшением критической частоты ионосферы f_oF2 границы высот плазменных резонансов и высоты отражения траекторий радиоволн увеличиваются. Толщина слоя плазменных резонансов составляет в среднем от 7 до 9 км. Высота отражения траекторий находится выше примерно на 1–2 км от верхней границы ленгмюровского резонанса. Полученные результаты согласуются с данными проведенных в нескольких приемных пунктах оптических измерений одновременно, в ходе которых было замечено искусственное оптическое свечение ионосферы.

In this work, based on the International Reference Ionosphere Model IRI-2012 conducted numerical experiments for finding the reflection height of ray paths of radio waves and the height boundaries of the ionosphere plasma resonances for heating experiments at SURFA facility (56°8'37.28" N, 46°5'56.57" E) in August 2014. The analysis shows that the plasma resonances layer located at altitudes from 240 to 310 km. Boundary heights of plasma resonances and reflection heights of trajectories decrease with decreasing transmitter frequency. With a decrease in the ionosphere critical frequency f_oF2 a boundary heights of plasma resonances and a height of reflection radio waves paths increases. The layer thickness of a plasma resonance is an average from 7 to 9 km. The reflection height of the trajectories is higher by about 1–2 km from the upper boundary of the Langmuir resonance. These results are consistent with the data of optical measurements carried out simultaneously in several receiving points. During measurements artificial optical emission of the ionosphere was observed.

**ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ СВОЙСТВА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КРИСТАЛЛОВ
С ИМПЛАНТИРОВАННЫМИ ИОНАМИ СЕРЕБРА**

¹В.П. Дресвянский, ¹Е.Ф. Мартынович, ²О.И. Шипилова, ²А.А. Черных

¹Иркутский филиал Института лазерной физики СО РАН, Иркутск, Россия

²Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

4me4you@bk.ru

**THE LUMINESCENT PROPERTIES OF DIELECTRIC CRYSTALS
WITH IMPLANTED SILVER IONS**

¹V.P. Dresvyansky, ¹E.F. Martynovich, ²O.I. Shipilova, ²A.A. Chernyh

¹Irkutsk Division of Institute of Laser Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

²Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Представлены результаты исследований люминесцирующих дефектов, индуцированных при облучении диэлектрических кристаллов ионами серебра. В качестве исследуемых образцов были использованы щелочно-галлоидные кристаллы фторида лития и фто-

рида кальция. Исследуемые образцы были облучены ионами в следующем режиме: флюенс порядка 10^{13} ион/см², энергия 150 кэВ, после чего были проведены исследования люминесценции центров, наведенных радиацией. Экспериментально исследовалось поглощение образцов, спектры и кинетика их люминесценции после воздействия радиации с помощью конфокального сканирующего микроскопа MicroTime 200, доукомплектованного спектрометром Ocean Optics 65000.

Исследования показали, что в спектрах поглощения кристаллов фторида лития, подверженных облучению ионами серебра, наблюдается несколько полос с максимумами поглощения на 250, 441 и 410 нм. Первые две полосы характерны для радиационно-окрашенных кристаллов фторида лития и отвечают за поглощение F- и F₂- (F₃⁺)-центров окраски соответственно. Третья — так называемая плазмонная полоса, обусловленная имплантированными ионами серебра. В спектрах свечения облученных кристаллов фторида лития при возбуждении люминесценции лазером с длиной волны 375 нм, наряду с характерными для F₃⁺- и F₂-центров окраски полосами с максимумами на 530 и 680 нм соответственно, обнаружена полоса свечения с максимумом на 420 нм. Аналогичная полоса свечения наблюдается и в спектрах люминесценции кристаллов фторида кальция, облученных ионами серебра. Определена кинетика данной люминесценции.

Авторы полагают, что наблюдаемая в кристаллах фторида лития и фторида кальция люминесценция с максимумом свечения на 420 нм обусловлена серебром, имплантированным в диэлектрическую матрицу в виде ионов Ag⁺ или молекулярных ионов (Ag_n^{m+}). Работа выполнена по Программе фундаментальных исследований СО РАН (проект № II.8.1.6).

The paper presents the results of studies of luminescent defects induced by irradiation of dielectric crystals with silver ions. The alkali-halide crystals of lithium fluoride and calcium fluoride as the test samples have been used. The samples were irradiated with ions in the following way: fluence of the order of 10^{13} ions / cm², the energy of 150 keV – and then the luminescence centers induced by radiation were studied. Absorption of the samples, the spectra and the kinetics of their luminescence after exposure were investigated experimentally using a confocal scanning microscope MicroTime 200 equipped of Ocean Optics 65000.

The studies have shown that in absorption spectra of lithium fluoride crystals exposed to irradiation by ions of silver there are several bands with absorption maxima at 250 nm, 441 nm and 410 nm. First two bands are characteristic of radiation-colored crystals of lithium fluoride and are responsible for the absorption of F and F₂ (F₃⁺) are the color centers respectively. The third one is the so-called plasmon band due to the implanted silver ions. The emission spectra of the irradiated crystals of lithium fluoride under the luminescence excitation of laser irradiation of 375 nm wavelength along with characteristic F₃⁺ color centers and F₂ bands with peaks at 530 and 680 nm, respectively, detected luminescence band with a maximum at 420 nm. Similar luminescence band is observed in the luminescence spectra of crystals of calcium fluoride, irradiated by ions of silver. The kinetics of the luminescence is determined.

The authors suggest that luminescence with a peak emission at 420 nm observed in crystals of lithium fluoride and calcium fluoride are due to the silver implanted into the dielectric matrix in the form of Ag⁺ ions or molecular ions (Ag_n^{m+}). This work is supported with the Program for Basic Research of SB RAS (the project II.8.1.6).

АПРОБАЦИЯ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ ПЕРЕНОСА ТУРБУЛЕНТНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ АТМОСФЕРЫ ПО ВИДЕОЯРДУ НЕКОГЕРЕНТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

В.В. Дудоров, А.С. Еремина

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, Томск, Россия
magnet@sibmail.com

APPROBATION OF METHOD OF DETERMINING TRANSPORT VELOCITY OF ATMOSPHERIC TURBULENT INHOMOGENEITIES FROM VIDEO PORTION OF INCOHERENT IMAGES

V.V. Dudorov, A.S. Eremina

V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, Tomsk, Russia

Численно исследуется влияние турбулентных неоднородностей атмосферы на искажение изображения атмосферного объекта. Предлагается способ пассивного измерения поперечной составляющей скорости ветра. Искажения изображения, вызванные турбулентными неоднородностями, располагающимися на разных расстояниях от приемного телескопа, различны. Анализируется влияние выбора оптимального ядра сглаживания и углового размера изображения наблюдаемого объекта на точность определения скорости переноса турбулентных неоднородностей атмосферы.

An effect of atmospheric turbulent inhomogeneities, on distortions of atmospheric object images is analyzed on the basis of numerical simulation. The technique for passive measurements of the transverse wind-speed component is suggested. The object image distortions due to turbulent inhomogeneities at different distances from receiving telescope are different. The effect of optimal smoothing kernel and angular size of an object on accuracy of the atmospheric inhomogeneity wind drift is analyzed.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С КРИСТАЛЛАМИ АЛМАЗА ПРИ МЕЖЗОННОМ И ВНУТРИЦЕНТРОВОМ ВОЗБУЖДЕНИИ

A.C. Емельянова

Иркутский филиал Института лазерной физики СО РАН, Иркутск, Россия
nastasia705@mail.ru

INTERACTION OF LASER RADIATION WITH DIAMOND CRYSTALS UNDER BAND-TO-BAND AND INTRACENTER EXCITATIONS

A.S. Emelyanova

Irkutsk Branch of the Institute of Laser Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Алмазы содержат большой набор центров свечения, регистрируемых при внутрицентровом возбуждении. Большинство из этих примесных и собственных центров хорошо изучены, и выяснена их природа. Однако при межзонном возбуждении практически все алмазы дают однообразную картину свечения, называемую А-полосой люминесценции. Рекомбинационный механизм возбуждения для различных люминофоров является универсальным, поскольку может реализовываться при разных способах возбуждения свечения: фото-, гамма-, рентгеновском. Однако для алмазов это не так. В работе используется оптическое межзонное возбуждение, что, как предполагается, даст новую информацию о природе А-полосы люминесценции.

Diamonds contain a large set of luminescence centers observed under intracenter population excitation. Most of these impurity centers and intrinsic centers are well studied and their nature is ascertained. However an unvaried luminescence pattern called A-band luminescence is observed in almost all of the diamonds under band-to-band excitation. Recombination mechanism for different phosphors is universal since it works under different luminescence excitation methods: photo-, gamma-, X-ray. This isn't true for diamonds, however. In this study we use optical band-to-band excitation, which is expected to give us new information about the nature of the A-band luminescence.

КОРРЕКЦИЯ ИОНОСФЕРНЫХ ОШИБОК ВТОРОГО ПОРЯДКА В ДВУХЧАСТОТНЫХ ИЗМЕРЕНИЯХ ГНСС

¹Е.В. Конечкая, ^{1,2}М.В. Тинин

¹Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
spb7.12.2010@gmail.com

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

CORRECTION OF SECOND-ORDER IONOSPHERIC ERRORS IN DUAL-FREQUENCY GNSS MEASUREMENTS

¹E.V. Konetskaya, ^{1,2}M.V. Tinin

¹Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

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

Анализируются возможности устранения ионосферной ошибки второго порядка, связанной с эффектами магнитного поля Земли, в двухчастотных измерениях глобальных навигационных спутниковых системах (ГНСС). Представлена методика повышения точности местоопределения. Описываются границы применимости предлагаемой методики, а также проанализированы особенности пространственного распределения ионосферной ошибки второго порядка и поправок к координатам приемников с учетом эффектов геомагнитного поля.

The paper is devoted to analysis of the possibilities of elimination of the second-order ionospheric errors at dual-frequency measurements of the global navigational satellite systems (GNSS), which are associated with the effects of Earth's magnetic field. The technique to improve location accuracy is presented. In the study we describe the limits of applicability of the technique and analyze the features of the spatial distribution of second-order ionospheric error and corrections to the receiver position, taking into account the effects of the geomagnetic field.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКОГО ПОГЛОЩЕНИЯ СИЛИКАТНЫХ КРОН

А.С. Кузаков, М.Д. Зимин

Иркутский филиал Института лазерной физики СО РАН, Иркутск, Россия
rangaid@mail.ru

STUDYING THE OPTICAL ABSORPTION OF SILICATE CROWNS

A.S. Kuzakov, M.D. Zimin

Irkutsk Branch of the Institute of Laser Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Сегодня крайне актуальны исследования аморфных материалов. В первую очередь, это связано с их уникальным строением. В работе осуществлен синтез кварцевых крон состава $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$, легированных железом (+2/+3), исследовано оптическое поглощение натриевой силикатной кроны с применением стохастического моделирования. Стохастическая модель силикатной кроны адекватно описывает оптическое поглощение этого материала, обусловленное наличием I-центров. Согласно моделированию, I-центры образуются за счет стабилизации «хвостовых» кислородов катионами щелочных металлов и катионами железа (+3). Образование I-центров возможно также за счет распада пероксидных групп в кварце, однако такой механизм не является преобладающим. Образованные различными механизмами I-центры имеют разные линии поглощения за счет структурных вариаций в аморфной системе.

Today amorphous materials are highly topical subject of research. This is primarily due to their unique structure. In this paper the synthesis of quartz crowns of $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$, doped with iron (+2/+3) carried out and the optical absorption of sodium silicate crown using a stochastic

model is investigated. Stochastic model of the silicate crown adequately describes the optical absorption of the material due to the presence of I-centers. According to the simulation I-centers are formed through stabilization of the “tail” oxygens by alkali metal cations and iron cations (3). Formation of I-centers may also be due to the decay of peroxide groups in quartz but the mechanism is not dominant. I-centers formed by different mechanisms have different absorption lines due to the structural variations in the amorphous system.

ВЛИЯНИЕ НАНОУГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА СТРУКТУРУ, МЕХАНИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА ПОЛИАМИДА-6

¹Н.Б. Курбонов, ²Г.Б. Курбонов

¹Таджикский национальный университет, Душанбе, Таджикистан

²Худжандский государственный университет им. Б.Г. Гафурова, Худжанд, Таджикистан
nomvarjon_90@mail.ru

EFFECT OF NANOCARBON MATERIALS ON STRUCTURE, MECHANICAL AND THERMAL PROPERTIES OF POLYAMIDE-6

¹N.B. Kurbonov, ²G.B. Kurbonov

¹Tajik National University, Dushanbe, Tajikistan

²Khujand State University, Khujand, Tajikistan

Изучено влияние наноуглеродных материалов (фуллереновая сажа, фуллерен C₆₀, фуллереновая чернь и наноалмазы) на структуру, тепловые и механические свойства полиамида-6. Показано, что внедрение малых количеств наноуглеродных материалов оказывает специфичное влияние на структуру и физические свойства полиамида.

We studied the effect of nanocarbon materials (fullerene soot, fullerene C₆₀, fullerene black and nanodiamonds) on structure, thermal and mechanical properties of polyamide-6. It is shown that the introduction of small amounts of nanocarbon materials has a specific effect on the structure and physical properties of polyamide.

УЧЕТ ВЛИЯНИЯ АНТЕННЫ ИРКУТСКОГО РАДАРА НЕКОГЕРЕНТНОГО РАССЕЯНИЯ НА ФОРМУ И ПАРАМЕТРЫ ШИРОКОПОЛОСНОГО СИГНАЛА

¹И.А. Лавыгин, ²В.П. Лебедев

¹Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
ivan_1422@inbox.ru

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

TAKING INTO ACCOUNT OF IRIS ANTENNA INFLUENCE ON THE SHAPE AND PARAMETERS OF WIDEBAND SIGNAL

¹I.A. Lavygin, ²V.P. Lebedev

¹Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

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

Рассматриваются достоинства использования широкополосного ЛЧМ-сигнала в радиолокации. Получены модели излученного сигнала и принятого широкополосного ЛЧМ-сигнала с учетом амплитудной и фазовой диаграмм направленности антенны ИРНР. Результаты моделирования использовались при обработке РЛ-данных, полученных в космическом эксперименте «Радар–Прогресс».

The report describes advantages of wideband chirp usage in radiolocation. Transmitted and received wideband chirp models are constructed taking into account the influence of antenna

phase and amplitude radiation patterns. Modelling results were used in processing Radar-Progress space experiment data.

РАДИАЦИОННО-СОЗДАННЫЕ КВАНТОВЫЕ СИСТЕМЫ КАК ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЙ ЗОНД ДЛЯ КОНТРОЛЯ СОСТАВА МАТЕРИАЛА

Н.Л. Лазарева

Иркутский филиал Института лазерной физики СО РАН, Иркутск, Россия
alberet94@mail.ru

A QUANTUM SYSTEMS CREATED BY RADIATION AS LUMINESCENT PROBE FOR MONITORING THE COMPOSITION OF MATERIALS

N.L. Lazareva

Irkutsk Branch of the Institute of Laser Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

Фторид лития является перспективным материалом и применяется в различных областях науки и техники. Центры окраски LiF являются рабочими центрами в лазерных средах и насыщающихся затворах, детекторах радиации, созданных на основе данного материала. Созданы объемные и многослойные флуоресцентные носители для записи информации в цифровых форматах или в виде изображений.

В предложенной работе исследована микроструктура пленок фторида лития, нанесенных на стеклянную подложку методом термовакuumного напыления. Известно, что кристаллы LiF выращиваются на воздухе. Это послужило причиной того, что дополнительный отжиг образцов был произведен нами также на воздухе, а не в вакууме. Исследования полученных пленок, проведенные с помощью оптического и атомно-силового зондового микроскопа, показали, что при повышении температуры отжига происходит преобразование поверхности пленок, изменение среднего размера зерен, составляющих пленку. Сделано предположение, что происходит преобразование вещества, составляющего пленку.

Для проверки данного предположения нами был использован следующий метод. Образцы были облучены рентгеновским излучением для создания в них центров окраски, люминесцентные свойства которых могут отражать состав вещества и его изменения в ходе каких-либо превращений.

Установлено, что с увеличением температуры отжига по мере увеличения размера зерен происходит исчезновение характерных полос фотолюминесценции центров окраски фторида лития и возникновение новых, не характерных для него спектральных полос люминесценции. Рентгеноструктурные исследования показали, что в ходе отжига существенно снижается интенсивность дифракционного сигнала от фторида лития и возникают сигналы от фторида кальция и других соединений, формируемых в результате протекающих реакций. Микрочастицы фторида лития химически взаимодействуют с веществом подложки в основном во время тепловой обработки пленок, помещенных на стеклянную подложку. В результате этого изменяется химический состав микрочастиц и увеличивается их размер.

Работа поддержана в рамках проекта П.10.1.6 Программы фундаментальных научных исследований государственных академий наук Российской Федерации.

Lithium fluoride is a perspective material used in various fields of science and technology. LiF color centers were work centers in laser media and in passive saturable media, radiation detectors based on this material. Volumetric and multilayer fluorescent carriers have been created for writing information in digital or visual formats.

In this study, we studied the microstructure of the lithium fluoride film deposited on a glass substrate by thermal vacuum deposition method. It is known that the LiF crystals grown in air. They are stable to air at a heating. This was the reason that the additional annealing of the sam-

ples was made also in the air, but not in a vacuum. Obtained films were examined using an optical microscope and an atomic force microscope. They showed that the surface of the film is transformed when the annealing temperature rises. The average grain size in the film increased significantly. It is suggested that there is a transformation of matter forming the film.

To test this hypothesis, we used the following method. Samples were irradiated with X-rays to create color centers in them. Fluorescent properties of these color centers can show the composition of matter and its changes during any transformations.

It was found that the photoluminescence characteristic bands of color centers of lithium fluoride disappear with increasing annealing temperature when the grain size increases. New spectral luminescence bands are arise that are not typical for lithium fluoride. X-ray diffraction study has shown that during annealing the intensity of diffraction signal of a lithium fluoride is significantly reduced. New signals are appear from calcium fluoride and other compounds formed as the result of the occurring reactions. Microparticles of lithium fluoride substance react chemically with the substrate mainly during the thermal treatment of the films deposited on the glass substrate. This process causes a change in the chemical composition of the microparticles, their size increases.

This work was supported by the project II.10.1.6 of the Program of Fundamental Research of the State Academies of Sciences of the Russian Federation.

ОБРАЗОВАНИЕ ЦЕНТРОВ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ В КЕРАМИКАХ ФТОРИДА ЛИТИЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ФЕМТОСЕКУНДНЫХ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ

М.А. Моисеева, В.П. Дресвянский, Е.Ф. Мартынович

Иркутский филиал Института лазерной физики СО РАН, Иркутск, Россия
sasha.moiseeva@mail.ru

FORMATION OF LUMINESCENCE CENTERS IN LiF CERAMICS UNDER FEMTOSECOND LASER PULSES

M.A. Moiseeva, V.P. Dresvyansky, E.F. Martynovich

Irkutsk Branch of the Institute of Laser Physics SB RAS, Irkutsk, Russia
sasha.moiseeva@mail.ru

Задачей данной работы являлось экспериментальное исследование взаимодействия оптических керамик фторида лития с фемтосекундным лазерным излучением в режиме филаментации. Изучалось образование центров люминесценции в керамиках фторида лития под действием серии (10–100) импульсов лазерного излучения.

Показано, что под действием фемтосекундного лазерного излучения ближней инфракрасной области спектра в оптических керамиках на основе широкозонных кристаллических соединений фторида лития эффективно создаются центры окраски, характерные для радиационно-окрашенных монокристаллов. Механизм создания центров окраски включает высоконелинейную генерацию электронно-дырочных пар в области прохождения филаментов или в области принудительной внешней фокусировки излучения, их рекомбинацию с образованием анионных экситонов, распад экситонов на френкелевские дефекты, их перезарядку, миграцию и агрегацию.

The objective of this paper was the experimental study of the interaction of lithium fluoride based optical ceramics with femtosecond laser emission in filamentation mode. We studied the formation of luminescence centers in LiF ceramics under a number (10–100) of laser emission pulses.

It is shown that the colour centers typical of the radiation-coloured monocrystals are created effectively in optical ceramics based on wide-gap crystalline compounds of LiF under the action of near infrared femtosecond laser radiation.

The mechanism of color centers creation includes the high-nonlinear generation of electron-hole pairs in the field of filaments passage or in the field of forced external focusing of radi-

ation, their recombination with the formation of anionic exciton, the decay of excitons into Frenkel defects, their recharge, migration and aggregation.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ ПЕРЕДАТОЧНОЙ ФУНКЦИИ ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКА С ПОМОЩЬЮ ЛЧМ-СИГНАЛА

^{1,2}А.А. Науменко, ¹А.В. Подлесный

¹Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
naum13@mail.ru

²Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия

RESULTS OF MEASURING QUADRUPOLE TRANSFER FUNCTION WITH THE HELP OF LFM-SIGNAL

^{1,2}A.A. Naumenko, A.V. Podlesny

¹Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia
²Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

Измерения передаточной функции проводились на макете последовательного колебательного контура с заранее рассчитанными АЧХ и ФЧХ. Характеристики макета были проконтролированы с помощью гармонического сигнала согласно определению передаточной функции. Измеренные с помощью ЛЧМ-сигнала АЧХ и ФЧХ макета хорошо согласуются с результатами, полученными с помощью гармонического сигнала, и с результатами численного моделирования.

To perform simulation, we manufactured the model that was series oscillatory circuit with pre-calculated characteristics. Characteristics of manufactured model were measured by harmonic signal according to the definition of the transfer function. Amplitude-frequency characteristics and phase-frequency characteristics, obtained using method of LFM sounding, agree well with the mathematical model and results obtained with the use of harmonic signal.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ СПЕКТР ФОТОНОВ, ИЗЛУЧЕННЫХ СВОБОДНЫМИ НЕСТАБИЛЬНЫМИ ЯДРАМИ В ТЕРМОСТАТЕ

Ю.Ю. Пантелеева, А.Н. Валл

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

ENERGY SPECTRUM OF PHOTONS RADIATED BY FREE UNSTABLE NUCLEI IN A THERMOSTAT

J.Yu. Panteleeva, A.N. Vall

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Работа посвящена нахождению и анализу энергетического спектра поглощения и излучения в процессах $M+\gamma\rightarrow M^*$ (процесс поглощения γ -кванта стабильным ядром массы M) и $M^*\rightarrow\gamma+M$ (процесс излучения γ -кванта нестабильным ядром массы M^*). Эти процессы лежат в основе эффекта Мессбауэра. Новым является получение аналитического выражения для энергетического спектра, позволяющего вычислить в любой момент среднее значение $\langle E_\gamma^h \rangle$ по распределению $\phi(E_\gamma)$, т. е. величину $\langle E_\gamma^h \rangle = \int E_\gamma^h \phi(E_\gamma) dE_\gamma$. Насколько нам известно, явный вид функции распределения $\phi(E_\gamma)$ нигде не приводится. При его получении мы используем закон сохранения энергии-импульса для асимптотически свободных состояний указанных выше процессов и распределение Максвелла по скоростям системы свободных ядер в термостате. После вычислений получено окончательно:

$$\phi(E_{\gamma}^{\text{rad}}) = B \exp \left[-A \left(E_{\gamma}^{\text{rad}} - (E_0 - R) \right)^2 \right], \quad \phi(E_{\gamma}^{\text{abs}}) = B' \exp \left[-A' \left(E_{\gamma}^{\text{abs}} - (E_0 + R) \right)^2 \right],$$

где A, B, A', B', E_0 и R — известные константы, зависящие от масс ядер, температуры T и времени жизни нестабильных ядер.

The article is devoted to finding and analyzing of absorption and radiation energy spectrum in $M+\gamma \rightarrow M^*$ process (the process of absorption of γ -quantum by stable nucleus of mass M) and $M^* \rightarrow \gamma+M$ process (the process of radiation of γ -quantum by unstable nucleus of mass M^*). These processes are the basis of the Mossbauer Effect. Our original result is an analytical expression of energy spectrum that allows to calculate an average value $\langle E_{\gamma}^h \rangle$ of the distribution $\phi(E_{\gamma})$, i. e. the integral $\langle E_{\gamma}^h \rangle = \int E_{\gamma}^h \phi(E_{\gamma}) dE_{\gamma}$. As we know, the explicit form of distribution function $\phi(E_{\gamma})$ is not given in the literature. We use conservation law of energy-momentum for asymptotically free states of the above processes and Maxwell distribution for the velocities of free nuclei in a thermostat. As a result of calculations we have obtained finally:

$$\phi(E_{\gamma}^{\text{rad}}) = B \exp \left[-A \left(E_{\gamma}^{\text{rad}} - (E_0 - R) \right)^2 \right], \quad \phi(E_{\gamma}^{\text{abs}}) = B' \exp \left[-A' \left(E_{\gamma}^{\text{abs}} - (E_0 + R) \right)^2 \right],$$

where A, B, A', B', E_0 и R and R are known constants dependent on masses of nuclei, temperature T and lifetime of unstable nuclei.

РЕГИСТРАЦИЯ ВАРИАЦИЙ АМПЛИТУДЫ И ФАЗЫ СИГНАЛОВ НАВИГАЦИОННЫХ СДВ-ПЕРЕДАТЧИКОВ

А.С. Полетаев, А.Г. Ченский, Д.А. Токмачев

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия
sardaukar9@yandex.ru

REGISTRATION OF AMPLITUDE AND PHASE VARIATIONS OF SIGNALS OF NAVIGATIONAL VLF TRANSMITTERS

A.S. Poletaev, A.G. Chensky, D.A. Tokmachev

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

Сверхдлинные радиоволны (СДВ) нашли широкое применение в радионавигационных системах, а также в системах передачи сигналов единого времени и эталонных частот. Сигналы СДВ-передатчиков распространяются на тысячи километров, отражаясь от земной поверхности и нижних слоев ионосферы. Непрерывная регистрация вариаций амплитуды и фазы СДВ-сигналов позволяет проводить долговременный мониторинг ионосферы. Однако сигналы практически всех современных СДВ-передатчиков манипулированы по частоте методом MSK (minimal shift keying), и при фазовых измерениях возникает задача разделения фазового дрейфа в волноводе Земля–ионосфера и изменений фазы, обусловленных модуляцией. В статье рассматриваются способ оценки фазы центральной несущей частоты и аппаратно-программный комплекс регистрации параметров СДВ-радиосигналов. Приведены результаты моделирования, а также представлены экспериментальные данные.

Very low frequency (VLF) radio waves are commonly used in radio navigational systems and the systems transmitting signals of universal time and reference frequencies. VLF transmitter signals propagate over thousands of kilometers via reflecting between the Earth surface and the bottom layers of the ionosphere. Continuous registration of VLF signal amplitude and phase variations enables to organize long-term monitoring of the ionosphere. However, the majority of the VLF transmitters use minimum shift keying (MSK) method, thus phase measurements involve

separating the phase drift in the Earth–Ionosphere waveguide from the phase changes caused by the modulation. The article describes a VLF receiver structure and demonstrates a method of evaluating the central frequency carrier phase. Results of modeling and experimental data are also presented.

РАЗРАБОТКА ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЕМКОСТНОГО ДАТЧИКА

М.А. Попов, Р.Р. Латыпов

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия
ministermaxxx@gmail.com

DEVELOPMENT OF HIGH-SENSITIVITY SENSITIVE CAPACITIVE SENSOR

М.А. Попов, R.R. Latypov

Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia

Собранное устройство предназначено для управления параметрами различных систем путем изменения емкости частотоподающей цепи в генераторе.

В состав датчика входят два генератора сигналов прямоугольной формы: частота одного из них управляется потенциометром, частота второго определяется положением антенны относительно проводящих материалов. Сигналы с двух генераторов подаются на смеситель, на выходе которого образуется сигнал разностной частоты.

The developed device is designed to control parameters of different systems by variation the capacitance of frequency control circuit in the generator.

The probe includes two square waveform generators: the frequency of the first one is changed by potentiometer, and the frequency of the second one is determined by the position of the antenna relative to conductive materials. Signals from two oscillators are fed to a mixer, where the signal of difference frequency is formed.

ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ФУНКЦИЯМ ФРАГМЕНТАЦИИ В ЖЕСТКИХ ПРОЦЕССАХ

¹О.Б. Самойлов, ^{1,2}А.К. Сокольникова

¹Лаборатория ядерных проблем им. В.П. Дзелепова,
Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, Россия

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

PHENOMENOLOGICAL APPROACH FOR FRAGMENTATION FUNCTIONS IN HARD PROCESSES

¹O.B. Samoilo, ^{1,2}A.K. Sokolnikova

¹Dzhelepov Laboratory of Nuclear Problems, Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia

²Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Рассмотрены реакции с рождением кварков: аннигиляция $e+e-$ и глубоко неупругое рассеяние заряженных лептонов и (анти-)нейтрино с нуклонами в терминах функции фрагментации. Проведено моделирование по методу Монте-Карло с целью получения относительных сечений рождения (полные функции фрагментации) заряженных пионов, а также разделения партонных вкладов в зависимости от взаимодействующего кварка. Построена схема извлечения партонных и фактурных функций фрагментации из полученных моделированных событий. Проведена численная оценка вкладов в полную функцию фрагментации.

We discuss quark productions such as e^+e^- annihilation and deep inelastic scattering of charged leptons and (anti-) neutrinos with nucleons in terms of fragmentation functions. We performed Monte Carlo simulations in order to obtain relative cross sections (complete fragmentation function) of charged pions and to divide parton contributions depending on struck quarks. We developed a scheme of extracting parton and fracture fragmentation functions from simulated events. There was held the numerical evaluation of contributions to the total fragmentation function.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИАГРАММ НАПРАВЛЕННОСТИ МИНИАТЮРНОЙ АНТЕННОЙ СИСТЕМЫ

А.А. Световидов, Р.Р. Латыпов

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия
andreysvetovidov@mail.ru

MODELING OF RADIATION PATTERNS OF MINIATURE ANTENNA SYSTEM

A.A. Svetovidov, R.R. Latypov

Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia

Построение диаграмм направленности антенн является классической задачей изучения распространения электромагнитных волн. В данной работе внимание уделено анализу излучения не только антенны, но и связанных с ней электрических цепей.

С этой целью были смоделированы диаграммы направленности микрополосковой антенны и цепей подводки питания. Также было учтено влияние таких факторов, как корпусирование печатной платы.

The construction of the antenna radiation pattern is a classic problem of studying the electromagnetic wave propagation. In this project, attention is paid to radiation not only of the antenna but also of the associated electrical circuits.

For this purpose, the microstrip antenna and supply circuits radiation patterns were simulated. Also, factors such as printed circuit board packaging were taken into account.

КОМПЛЕКСНАЯ ДИАГНОСТИКА ДЕФОРМАЦИЙ ПРИПОВЕРХНОСТНЫХ ПОРОД В СЕЙСМОАКТИВНОМ РЕГИОНЕ НА ПОЛУОСТРОВЕ КАМЧАТКА

А.А. Солдчук

Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН,
Паратунка, Россия
aleksandra@ikir.ru

COMPLEX DIAGNOSTICS OF NEAR-SURFACE ROCK DEFORMATIONS IN A SEISMICALLY ACTIVE REGION OF KAMCHATKA PENINSULA

A.A. Solodchuk

Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation FEB RAS, Paratunka, Russia

В сейсмоактивном регионе на полуострове Камчатка в двух пунктах наблюдений проводится комплексный мониторинг деформаций приповерхностных пород. Он включает совместные геоакустические и деформационные измерения. Для регистрации геоакустической эмиссии в диапазоне от 0.1 Гц до 11 кГц используются различные акустические системы, установленные в естественных и искусственных водоемах: совмещенные разнонаправленные гидрофоны, пространственно-разнесенные гидрофоны и комбинированные векторные приемники. Деформации земной поверхности измеряются лазерным деформографом-интерферометром и оцениваются на основе данных наклономера. Результаты совместных исследований эмиссии и деформаций подтвердили наличие связи между активацией деформационных процессов в приповерхностных осадочных породах и аномалиями

в геоакустических сигналах в диапазоне частот от единиц до первых десятков кГц. Наиболее ярко она проявляется на заключительной стадии подготовки землетрясений.

Complex monitoring of near-surface rock deformations is carried out at two observation sites in a seismically active region of Kamchatka peninsula. It includes joint geoaoustic and deformation observations. Different acoustic systems installed at natural and artificial reservoirs are used to register geoaoustic emission in the range from 0.1 Hz to 11 kHz, they are: joint multidirectional hydrophones, spaced hydrophones and combined vector receivers. The earth surface deformations are measured by a laser strainmeter-interferometer and are evaluated on the basis of data registered by an tiltmeter. The results of joint investigations of the emission and deformations confirmed the relation between intensification of deformation processes in the near-surface sedimentary rocks and anomalies of geoaoustic emission in the frequency range from units to the first tens of kilohertz. The most vividly this relation appears at the final stage of earthquake preparation.

КИНЕТИКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С КРИСТАЛЛАМИ АЛМАЗОВ

Ф.А. Степанов

Иркутский филиал Института лазерной физики СО РАН, Иркутск, Россия
Научно-исследовательский институт прикладной физики ИГУ, Иркутск, Россия
fil.step@yandex.ru

KINETICS OF THE INTERACTION OF LASER RADIATION WITH DIAMOND CRYSTALS

F.A. Stepanov

Irkutsk Branch of the Institute of Laser Physics SB RAS, Irkutsk, Russia
Applied Physics Institute of the Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Методом конфокальной сканирующей люминесцентной микроскопии исследованы временные характеристики люминесценции алмазов из россыпей провинции Жуина в красной области спектра при возбуждении пикосекундным лазерным излучением с длинами волн 375, 405, 470, 532 нм. В спектрах люминесценции изученных кристаллов наблюдается широкая полоса с максимумом ~700 нм. Время затухания свечения в этой полосе составляет 32 нс при 80 К, 23 нс при 300 К и 3 нс при 480 К. Это существенно расходится с известными из литературы значениями времени затухания люминесценции NV-центров. Время затухания люминесценции NV0-центров в бесфононной линии 575 нм и ее электронно-колебательном крыле имеет неожиданно большое значение 83 нс и фактически не зависит от температуры в диапазоне 80–480 К. По всей видимости, отмеченные особенности исследованных образцов алмазов обусловлены их астеносферным происхождением.

We investigated the luminescence temporal characteristics of diamonds from the province Juina placers in red area of spectrum under excitation by picosecond laser radiation with wavelengths of 375, 405, 470, 532 nm. A broad band with maximum at ~700 nm is observed in the luminescence spectra of the studied crystals. The luminescence decay time of this band is 32 ns at 80 K, 23 ns at 300 K, and 3 ns at 480 K; these are significantly different to those values of NV-centers luminescence decay time known from the literature. The NV0 centers luminescence decay time in the zero-phonon line at 575 nm and phonon sideband has an unexpectedly large value of 83 ns and, in fact, does not depend on temperature in the range of 80–480 K. Apparently the aforementioned peculiarities of the studied diamond samples are caused by their asthenospheric origin.

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ IPDA-ЛИДАРА С ГЕТЕРОДИННЫМ ПРИЕМНИКОМ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИПОВЕРХНОСТНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ПРИ ЗОНДИРОВАНИИ ИЗ КОСМОСА

А.Я. Суханов, Г.Г. Матвиенко, С.В. Бабченко

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

POSSIBILITIES OF USING IPDA-LIDAR WITH HETERODYNE RECEIVER FOR MEASURING SURFACE CARBON CONCENTRATION WHEN SOUNDING FROM SPACE

A.Ya. Sukhanov, G.G. Matvienko, S.V. Babchenko

V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, Tomsk, Russia

Ранее в наших работах и работах зарубежных авторов (Matvienko G., Krekov G., Sukhanov A., Ehret G., et al.) была показана принципиальная возможность измерений концентраций некоторых парниковых газов (метан, углекислый газ, закись азота) с орбиты 450 км при применении технологии IPDA-зондирования (интегральное дифференциальное поглощение по трассе). Данная технология основана на приеме отраженного от топографической мишени сигнала и оценке приповерхностной концентрации газа с использованием весовых функций. В качестве приемников рассматриваются приемники прямого детектирования. С применением усиления в инфракрасном диапазоне они имеют высокий уровень шумов. Оптическое смешение сигналов и гетеродин-прием являются перспективными механизмами для понижения влияния шумов, что может понизить требования к мощности излучателя сигнала и размеру приемного телескопа по сравнению со схемой прямого детектирования. В данной работе оценивается погрешность измерений концентрации парниковых газов при гетеродин-приеме. Приводятся параметры лидарной системы, при которых случайная погрешность восстановления приповерхностной относительной концентрации CO₂ ниже 0.2 %.

It has been shown (Matvienko G., Krekov G., Sukhanov A., Ehret G., et al.) principle possibility to measure the concentrations of greenhouse gases (methane, carbon dioxide, nitrous oxide) from an orbit of 450 km in the application of technology IPDA sensing (integral path differential absorption). This technology is based on return signal accumulation from the target and topographical evaluation subsurface gas concentration using weighting functions. As we have examined the receiver for direct detection receivers, these receivers using infrared amplification have a high noise level. Optical mixing of signals and heterodyne receiving are mechanisms for reducing the prospective effect of noise, that can reduce power of laser and receiving telescope aperture compared with direct detection scheme. In this paper, the measurement error of concentrations of greenhouse gases is estimated in heterodyne detection. Parameters lidar system in which random error recovery subsurface relative CO₂ concentration below 0.2 % are presented.

РАЗРАБОТКА ИНДУКЦИОННОГО МАГНИТОМЕТРА НА ОСНОВЕ ДАТЧИКА ИНТ-1 И РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА НА МАГНИТНОЙ СТАНЦИИ БАЙГАЗАН

Е.О. Учайкин, Д.В. Кудин, А.Ю. Гвоздарев

Горно-Алтайский государственный университет, Горно-Алтайск, Россия
evgeniy_uch@mail.ru

DESIGN OF INDUCTION COIL MAGNETOMETER BASED ON INT-1 SENSOR AND RESULTS OF MONITORING AT MAGNETIC STATION BAYGAZAN

E.O. Uchaikin, D.V. Kudin, A.Yu. Gvozdarev

Gorno-Altai State University, Gorno-Altai, Russia

Разработан индукционный магнитометр на основе датчика ИНТ-1, осуществляющий регистрацию *D*-, *H*-компонент геомагнитного поля с частотой дискретизации 100 Гц. Магни-

тометр позволяет регистрировать как геомагнитные вариации с периодом короче 200 с, так и резонансы ионосферного волновода на частотах 8, 14, 20 Гц (шумановские резонансы).

We developed the induction magnetometer based on INT-1 sensor, responsible for the registration D -, H -components of geomagnetic field with a sampling rate of 100 Hz. The magnetometer allows us to register both geomagnetic variations with periods shorter than 200 s, and the ionospheric resonances of the waveguide at frequencies of 8, 14, 20 Hz (Schumann resonance).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИММЕТРИЧНЫХ ЗОНДИРУЮЩИХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ НА РАДАРЕ ЕКВ SUPERDARN

Р.Р. Федоров, К.В. Гркович, О.И. Бернгардт

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

USE OF SYMMETRICAL SOUNDING SEQUENCES AT EKB SUPERDARN RADAR

R.R. Fedorov, K.V. Grkovich, O.I. Berngardt

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

Когерентные радары сети SuperDARN позволяют проводить непрерывный мониторинг высокоширотной ионосферы и ее динамики. В среднеширотной ионосфере метод обратного рассеяния радиоволн на вытянутых ионосферных неоднородностях, являющийся базовым для подобных радаров, используется реже. Это связано с недостатком достаточно сильных электрических полей в ионосфере, необходимых для создания неоднородностей, ориентированных вдоль магнитного поля Земли. Такие электрические поля появляются обычно лишь во время существенных возмущений космической погоды. Таким образом, среднеширотные радары SuperDARN зачастую принимают только сигналы, преломленные ионосферой и отраженные от Земли (ground backscatter). Особенность таких сигналов состоит в малом доплеровском смещении и узком спектре. Поэтому требуются зондирующие последовательности, более сложные, чем те, что были созданы для исследований в высокоширотных областях.

Задачами работы являются теоретический анализ и апробация симметричных зондирующих последовательностей. Они основаны на квазиоптимальных голомбовских последовательностях, полученных авторами ранее [Berngardt et al. // Radio Sci. 2015 (in press)], и на принципе построения симметричных последовательностей, предложенном в [Greenwald et al. // GRL. 2008. 35 (3), L03111].

В работе проанализированы симметричные последовательности, проведены эксперименты по зондированию новыми последовательностями и выполнено сравнение ионосферных параметров, полученных с помощью стандартной и новой зондирующей последовательностей. Получены первые результаты по детальному спектральному анализу сигналов возвратно-наклонного зондирования, полученных на радаре ЕКВ SuperDARN.

SuperDARN coherent radars provide continuous monitoring of high latitude ionosphere and its dynamic. Backscatter of radiosignals from the field-aligned ionospheric irregularities (basic technique for such radars) is used rarely at mid-latitudes. This is due to there are no powerful enough electric fields necessary for creating field-aligned irregularities. The electric field usually appear during significant disturbances of space weather. So the most frequently mid-latitude SuperDARN radars receive only signals refracted by the ionosphere and scattered from the ground (ground backscatter). Significant features of the signals are low Doppler shift and narrow spectrum. Therefore more complicated sounding sequences are required instead of standard sequences developed for high-latitude investigations.

The aims of the paper are the theoretical search and experimental testing of symmetrical sounding sequences. They are based on quasi-optimal Golomb sequences, which have been found

БШФФ-2015. Секция С. Диагностика естественных неоднородных сред и математическое моделирование
earlier [Bergardt et al. // Radio Sci. 2015. (in press)], and on the technique of symmetrical sequences, suggested in [Greenwald et al. // GRL. 2008. 35 (3), L03111].

In the paper, we made the analysis of symmetrical sequences, presented the experiments with new sequences and made a comparison of ionospheric parameters obtained by standard and new sequences. The first results are presented of detailed spectral analysis of groundbackscatter obtained at EKB SuperDARN radar.

ИНТЕГРАЦИЯ МЕТОДА БИХАРАКТЕРИСТИК И FDTD-МЕТОДА ПРИ ЧИСЛЕННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН

Я.М. Черняк, Д.С. Лукин

Московский физико-технический институт (государственный университет), Долгопрудный, Россия
jackch@mail.ru

INTEGRATION OF BICHARACTERISTIC METHOD WITH FDTD-METHOD FOR NUMERICAL CALCULATION OF ELECTROMAGNETIC WAVE PROPAGATION

Ya.M. Chernyak, D.S. Lukin

Moscow Institute of Physics and Technology (State University), Dolgoprudny, Russia

При численном расчете распространения электромагнитных волн методом бихарактеристик в неоднородной среде встречается проблема расчета распределения поля в фокуировках. Одним из способов решения этой задачи является использование метода канонического оператора Маслова. Предложен альтернативный способ расчета поля на каустиках с помощью метода конечных разностей во временной области (FDTD-метод). Рассмотрены преимущества и недостатки метода, его возможности, а также показаны границы его применимости.

There is a problem of the field distribution calculation on caustics for the numerical calculation of electromagnetic wave propagation in inhomogeneous media with the method of bi-characteristics. One way to solve this problem is to use the Maslov canonical operator. There is an alternative method for field calculation on caustics that uses finite difference time domain method (FDTD-method). The advantages and disadvantages of this method, its capabilities, as well as the limits of its applicability are shown.

СИСТЕМА АНАЛИЗА ПОЛОЖЕНИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ЗОНДА

М.М. Чупин, Р.Р. Латыпов

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия
grey2paul@gmail.com

ANALYZING SYSTEM OF MEASURING PROBE POSITION

M.M. Chupin, R.R. Latypov

Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia

В данной работе представлена разработка измерительного зонда. В основе устройства входит подпружиненный крюк, изменение положения которого регистрируется парой светодиодов и парой фотодиодов. Аналоговый сигнал преобразуется в цифровой и обрабатывается микроконтроллером, который, в свою очередь, передает информацию на ПК.

The project represents the development of measuring probe. The basis of the device is a spring-loaded hook, whose position changes are detected by a pair of LEDs and photodiodes pair. The analog signal is digitized and processed by the microcontroller which in turn transmits the information to the PC.

КОНФЕРЕНЦИЯ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
СЕКЦИЯ D
ФИЗИКА АТМОСФЕРЫ

**ИЗМЕНЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ С ВЫСОТОЙ В АДИАБАТИЧЕСКИ
ПОДНИМАЮЩЕМСЯ ВОЗДУХЕ И ОКРУЖАЮЩЕЙ АТМОСФЕРЕ**

К.С. Аванесян, Р.Г. Закинян

Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия
awan.kristina@yandex.ru

**THE VARIATION OF PRESSURE WITH HEIGHT
IN ADIABATICALLY RISING AIR AND THE AMBIENT ATMOSPHERE**

K.S. Avanesyan, R.G. Zakinyan

North-Caucasus Federal University, Stavropol, Russia

Исследуется вопрос о возникновении конвективного движения в атмосфере. Показано, что в состоянии статики атмосферы горизонтальные градиенты температуры и плотности равны нулю. Установлено, что наличие этих градиентов всегда будет вызывать конвективное движение.

The question of the origin of the convective motion in the atmosphere is under study. It is shown that in a static atmosphere, the horizontal temperature and density gradients are equal to zero. It is shown that the presence of these gradients always result in convective motion.

**ВЛИЯНИЕ СОКРАЩЕНИЯ ЛЕДОВОГО ПОКРОВА В АРКТИКЕ НА ИЗМЕНЕНИЕ
ЦИКЛОНИЧЕСКОЙ И АНТИЦИКЛОНИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ
НАД СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИЕЙ НА ОСНОВЕ МОДЕЛЬНЫХ РАСЧЕТОВ**

¹М.Г. Акперов, ^{1,2}В.А. Семенов, ¹И.И. Мохов

¹Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия

²Научно-исследовательский центр морских географических исследований ГЕОМАР, Киль, Германия
aseid@ifaran.ru

**INFLUENCE OF ICE COVER REDUCTION IN ARCTIC ON VARIATION
OF CYCLONIC AND ANTICYCLONIC ACTIVITIES OVER NORTH EURASIA FROM
MODELING CALCULATIONS**

¹M.G. Akperov, ^{1,2}V.A. Semenov, ¹I.I. Mokhov

¹A.M. Obukhov Institute of Atmospheric Physics RAS, Moscow, Russia

²GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel, Germany

Проведен анализ изменчивости вихревой активности (характеристик циклонов и антициклонов) над территорией Северной Евразии с использованием расчетов по модели общей циркуляции атмосферы ECHAM5 с заданными различными режимами концентрации морских льдов в Арктике в холодный период за последние пятьдесят лет. Модельные расчеты выполнены для периодов, соответствующих высокой (1966–1969 гг.), низкой (1990–1995 гг.) и очень низкой (2005–2012 гг.) концентрациям льда, а также для среднеклиматического режима 1971–2000 гг. Для режимов с высокой и очень низкой концентрациями льда в зимний период (с наиболее сильными аномалиями в регионе Баренцева и Карского морей) отмечено статистически значимое увеличение количества долгоживущих антициклонов (время жизни более пяти дней) над Северной Евразией. Для долгоживущих цикло-

нов отмечено уменьшение их количества. При этом модельные расчеты показывают статистически значимое увеличение интенсивных долгоживущих антициклонов. Для долгоживущих циклонов проявляются различные тенденции изменения их количества в зависимости от интенсивности. Также сделан анализ пространственной изменчивости вихревой активности над Северной Евразией. Отмечено увеличение повторяемости циклонов над центральной частью европейской территории России (ЕТР) и антициклонов над северной частью ЕТР для режима с высокой концентрацией морских льдов в Арктике. Для режима с очень низкой концентрацией морских льдов отмечен сдвиг повторяемости циклонов и антициклонов в сторону центральной части России. Работа была частично поддержана грантами РФФИ (проекты № 14-05-00518, 14-05-31078 и 15-35-21061).

The main goal of this research is to explore the connection between the declining Arctic sea ice (most strongly expressed in the Barents-Kara Seas region) in the cold season and the change of cyclonic and anti-cyclonic activity over Northern Eurasia using simulations with atmospheric general circulation model (AGCM). The simulations were performed with the ECHAM5 AGCM using identical sea surface temperature climatology but different sea ice concentrations (SIC) for the periods corresponding to the high (1966–1969), low (1990–1995) and very low (2005–2012) SIC regimes in the Arctic as well as for the mean climatological SIC for 1971–2000. The duration of each simulation was 50 years. For the regimes with high and very low SIC, a statistically significant increase in the number of long-living anticyclones (with lifetime of more than 5 days) over Northern Eurasia was found. Long-living cyclones exhibited different changes in their number depending on their intensity. The analysis of the spatial patterns of cyclonic and anti-cyclonic activity over Eurasia was performed. We found an increase of the frequency of cyclones over the central region of the European part of Russia (EPR) and anticyclones over the northern region of the EPR for the regimes with a high sea ice concentration in the Arctic. For the regime with very low SIC the shift of the frequency of cyclones and anticyclones towards the central part of Russia was found. The work was partially supported by RFBR Grants nos. 14-05-00518, 14-05-31078 and 15-35-21061.

СЕЗОННОЕ ПОВЕДЕНИЕ ВОЛНОВЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ В МЕЗОСФЕРЕ ПО ДАННЫМ НАЗЕМНЫХ ОПТИЧЕСКИХ И СПУТНИКОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

А.Б. Андреев

Институт ионосферы, Алматы, Казахстан
umzara-zum@rambler.ru

SEASONAL BEHAVIOR OF WAVE DISTURBANCES IN THE MESOSPHERE FROM GROUND-BASED OPTICAL AND SATELLITE OBSERVATIONS

A.B. Andreyev

Institute of Ionosphere, Almaty, Kazakhstan

Представлены результаты экспериментальных исследований сезонного поведения акустико-гравитационных волн (АГВ) на высотах мезосферы. Наблюдения АГВ выполнялись при помощи спектрометра SATI (Spectral Airglow Temperature Imager) в ДТОО «Институт ионосферы» (Алматы). Результаты оптических наземных наблюдений сопоставляются с данными спутниковых наблюдений эксперимента MLS (Microwave Limb Sounder). Продемонстрировано, что в данных наземных и спутниковых измерений регистрируются одни и те же короткопериодные волновые процессы масштаба АГВ.

Presents the results of experimental studies of the seasonal behavior of acoustic-gravity waves (AGW) at altitudes of mesosphere. The observations were made using the AGW spectrometer SATI (Spectral Airglow Temperature Imager) in the Institute of Ionosphere (Almaty). Results of the ground-based optical observations were compared with data of satellite observations of

the experiment MLS (Microwave Limb Sounder). It is demonstrated that in the ground-based and satellite measurements recorded the same short-period wave processes having AGN scale.

**ИЗМЕНЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ И ИНТЕНСИВНОСТИ
ЛЕТНЕГО ВОСТОЧНОАЗИАТСКОГО МУССОНА
В ПЕРИОДЫ АТМОСФЕРНОГО БЛОКИРОВАНИЯ НАД АЗИЕЙ**

¹О.Ю. Антохина, ¹П.Н. Антохин, ²Е.В. Девятова, ²В.И. Мордвинов

¹Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, Томск, Россия

²Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
olgayumarchenko@mail.com

**CHANGE OF EAST ASIAN SUMMER MONSOON SPATIAL STRUCTURE
AND INTENSITY DURING THE ATMOSPHERIC BLOCKING PERIODS OVER ASIA**

¹O.Yu. Antokhina, ¹P.N. Antokhin, ²E.V. Devyatova, ²V.I. Mordvinov

¹V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, Tomsk, Russia

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

На основе данных реанализа NCEP/NCAR (1948–2014 гг.) и ECMWF (1958–2014 гг.) исследовано влияние атмосферного блокирования над Азией на характеристики циркуляции летнего Восточноазиатского муссона в период его максимального развития (июль). Для идентификации блокирования был использован критерий, предложенный Тибальди и Молтени (Tibaldi, Molteni) в 1991 г. и основанный на анализе высоты изобарической поверхности 500 гПа. В качестве дополнительного критерия анализа событий блокирования мы использовали величину потенциальной температуры в районе динамической тропопаузы (PV- θ). Исследование пространственного распределения PV- θ позволяет определять происхождение и исследовать трансформацию воздушных масс в районе блокирования. На основе анализа, выполненного для большого количества событий блокирования, были выявлены основные механизмы влияния блокинга на муссонный поток, а также изучены свойства циклонов, формирующихся в результате взаимодействия воздушных масс умеренных широт и тропиков. Оказалось, что атмосферное блокирование играет основополагающую роль в формировании переноса влаги Восточноазиатским муссоном и перераспределении аномалий атмосферных осадков. Наличие или отсутствие блокирующего процесса определяет степень распространения влаги вглубь Азии. При отсутствии блокингов над Азией влага Восточноазиатского муссона не распространяется на север, а при наличии блокинга его пространственная локализация полностью определяет конфигурацию аномалий осадков в северной части Восточной Азии. Также было обнаружено, что ослабление муссонной циркуляции в Восточной Азии связано с уменьшением повторяемости событий атмосферного блокирования в долготном секторе шириной около 30° с центром приблизительно над оз. Байкал.

In our work we investigate the influence of atmospheric blocking over Asia on the East Asian summer monsoon circulation in the period its maximum (July) based on the re-analysis data archives NCEP/NCAR 1948–2014 and ECMWF 1958–2014. To identify the blockings we used criterion proposed by Tibaldi and Molteni in 1991, based on an analysis of the geopotential height 500 hPa. As an additional criterion for the blocking events analysis we used the value of potential temperature in the vicinity of the dynamic tropopause (the PV- θ). Study of the PV- θ spatial distribution allows us to examine the origin and transformation of air masses in the blocking area. Based on the analysis of large number of blocking events we identified the main mechanisms of blocking influence on the monsoon and studied the properties of cyclones formed by the interaction of air masses from mid latitude and tropics. It turned out that the atmospheric blockings play a fundamental role in the formation of the East Asia monsoon moisture transport and in the precipitation anomalies redistribution. The presence or absence of blocking processes determines the extent of moisture into Asia. In the absence of blockings over Asia East Asian

monsoon moisture does not extend to the north, and in the presence of blockings their spatial configuration and localization completely determines the precipitation anomalies configuration in the northern part of East Asia. We also found that the weakening monsoon circulation in East Asia is associated with decrease in the frequency of atmospheric blocking events in the longitudinal sector width of about 30° with the center of the lake Baikal.

ДИАГНОСТИКА ЛИТОСФЕРНО-ИОНОСФЕРНЫХ СВЯЗЕЙ ПО НАБЛЮДЕНИЯМ ВАРИАЦИЙ АМПЛИТУДЫ ГРОЗОВЫХ СИГНАЛОВ

В.В. Аргунов, В.А. Муллаяров

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

DIAGNOSTICS OF LITHOSPHERE-IONOSPHERE RELATIONS FROM OBSERVATIONS OF THUNDERSTORM SIGNAL AMPLITUDE VARIATIONS

V.V. Argunov, V.A. Mullayarov

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

Для дистанционного мониторинга возмущений в нижней ионосфере, в частности, для исследования ионосферных откликов, обусловленных сейсмической активностью, часто используют сигналы низкочастотных радиостанций. В качестве варианта данного метода для обнаружения сейсмических возмущений в ионосфере можно использовать естественные радиосигналы — электромагнитное излучение грозовых разрядов (атмосферики). По результатам предварительных наблюдений атмосфериков в Якутске ($\varphi=62.1^\circ$ N, $\lambda=129.7^\circ$ E) землетрясения, магнитуда которых больше 5, а глубина не превышает 50 км, проявляются в виде усиления среднечасовой амплитуды атмосфериков в день события или в течение трех дней после него. Вариации амплитуды в предшествующие землетрясению дни, выраженные в виде роста амплитуды, рассматриваются в качестве предвестников.

For distant monitoring of disturbances in the lower ionosphere signals of low-frequency radio stations are often used. In particular, the method is used for investigation of ionospheric responses caused by seismic activity. As a variant of this method, for the detection of seismic disturbances in the ionosphere one can use natural radio signals - an electromagnetic radiation of thunderstorm discharges (atmospherics). By results of previous observations of atmospherics at Yakutsk ($\varphi=62.1^\circ$ N, $\lambda=129.7^\circ$ E) the earthquakes whose magnitude is more than 5 and the depth does not exceed 50 km, are manifested in the form of amplification of hourly average amplitude of atmospherics on the day of event or in the range of 3 days after it. The amplitude variations during days preceding an earthquake expressed in the form of amplitude growth are considered as precursor.

ДОЛГОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕПЛОСОДЕРЖАНИЯ ОКЕАНА И ВЕТРОВОЕ НАПРЯЖЕНИЕ

Е.П. Белоусова

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

LONG-TERM CHANGES IN OCEAN HEAT CONTENT AND WIND STRESS

Е.Р. Belousova

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

Проведено исследование долговременных изменений теплосодержания океана. Показана зависимость температуры поверхности океана (ТПО) от зональной компоненты ветрового напряжения в рассматриваемом регионе. Выявлено, что в отклонениях теп-

лосодержания среднеширотной зоны Тихого океана прослеживается три периода. Усиление зональной компоненты ветрового напряжения повсеместно приводит к понижению температуры поверхности океана. Изменение циркуляции атмосферы непосредственно оказывает влияние на температуру поверхности океана.

We studied long-term changes in ocean heat content. It was shown a dependence of the sea surface temperature (SST) from the zonal component wind stress in the region. Revealed that the deviations of the heat content of the medium-Pacific zone is traced three periods. Intensification of the zonal component wind stress lead to towards lowering sea surface temperature (SST). Changing atmospheric circulation directly affects the temperature of the ocean surface.

ОЦЕНКИ СПИРАЛЬНОСТИ В АТМОСФЕРНОМ ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ ПО ДАННЫМ АКУСТИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Н.В. Вазаева, В.Ф. Крамар, Р.Д. Кузнецов, В.С. Люлюкин, О.Г. Чхетиани

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия
ifanataly@gmail.com

HELICITY ESTIMATIONS IN THE ATMOSPHERIC BOUNDARY LAYER FROM ACOUSTIC SOUNDING DATA

N.V. Vazaeva, V.F. Kramar, R.D. Kuznetsov, V.S. Lyulyukin, O.G. Chkhetiani

A.M. Obukhov Institute of Atmospheric Physics RAS, Moscow, Russia

Задачей настоящего исследования являлись определение спиральности на основе экспериментальными данными и проверка возможности оценки спиральности в атмосферном пограничном слое (АПС) с помощью компонент скорости геострофического ветра в свободной атмосфере.

Используются данные экспериментов по акустическому зондированию АПС, выполненных в Калмыкии (2007 г.), Ростовской области (2012 г.) и на Шпицбергене (2009 г.).

Для плотности спиральности крупномасштабных движений получены значения 0.3–0.6 м/с². Спиральность повышается при наблюдениях ночных струйных течений.

Средняя по слою спиральность в атмосферном пограничном слое составляет 0.02–0.12 м/с².

В условиях отсутствия сильной конвекции была обнаружена хорошая корреляция интегральной спиральности и квадрата скорости ветра на верхних уровнях зондирования (400–800 м).

Приносим благодарность М.В. Курганскому за конструктивные замечания и интерес к работе. Исследования выполнены при поддержке РФФИ (проект № 14-27-00134).

The goal of the present investigation is to determine the helicity in terms of experimental data and to check the possibility of the Atmospheric Boundary Layer (ABL) helicity estimation with the help of the geostrophic wind velocity component.

The ABL acoustic sounding experiment data obtained in Kalmykia (2007), in the Rostov region (2012) and on the Svalbard (2009) are used.

The mean value for the large-scale motions helicity density were obtained (0.3–0.6 m/s²). Note that there are significantly higher values of helicity during the nocturnal low-level jet events.

The layer average helicity in the ABL is closed to theoretical and empirical estimates of turbulent helicity (0.02–0.12 m/s²).

There is a good correlation between the integral helicity with the square of the wind velocity on the higher sounding levels (400–800 m) in slightly unstable or neutral stratification conditions. The authors are grateful to M.V. Kurgansky for his constructive comments and interest in this work. This study was supported by the Russian Science Foundation (project No. 14-27-00134).

ПРИРОДА ВАРИАЦИЙ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ ВО ВРЕМЯ ОСАДКОВ

А.В. Германенко, Ю.В. Балабин, Б.Б. Гвоздевский

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

THE NATURE OF GAMMA RADIATION VARIATIONS DURING PRECIPITATIONS

A.V. Germanenko, Ju.V. Balabin, B.B. Gvozdevsky

Polar Geophysical Institute KSC RAS, Apatity, Russia

В Полярном геофизическом институте создана комплексная установка и ведется непрерывный мониторинг различных компонентов вторичных космических лучей. К настоящему времени помимо стандартного нейтронного монитора работают сцинтилляционные детекторы гамма-квантов, бессвинцовая секция нейтронного монитора и детекторы заряженной компоненты. Сцинтилляционные детекторы регистрируют кванты с энергиями от 20 кэВ до 5 МэВ. С помощью амплитудного анализатора непрерывно ведутся измерения дифференциального спектра гамма-излучения. Анализ данных показал наличие во время осадков возрастаний гамма-излучения, составляющих до 50 % от фона и длящихся до нескольких часов. Всего было зарегистрировано более 400 таких событий. Практически все возрастания сопровождалось обильными осадками и происходили при низкой облачности. Была проведена серия экспериментов, показавших, что загрязнение осадков какими-либо радионуклидами естественного или искусственного происхождения отсутствует, а дополнительное излучение имеет тормозную природу. Предложен механизм, удовлетворительно описывающий данное явление.

The complex installation for continuous monitoring various components of the secondary cosmic rays has been created in the Polar Geophysical Institute. At the present moment in addition to standard neutron monitor, scintillation gamma-ray detectors, a lead-free section of the neutron monitor and detectors of charged components has been added. Scintillation detectors detect photons with energies from 20 keV to 5 MeV. With help of height analyzer we continuously carry out measurements of gamma radiation differential spectrum. Data analysis showed the presence of increases in gamma-radiation during precipitation, with amplitude up to 50 % of the background radiation and with duration up to several hours. In total we recorded more than 400 such events. Almost all of these increases were accompanied by heavy precipitations accompanied by dense and low clouds. A series of experiments showed that any radionuclide's contaminated is absent, and the additional radiation is bremsstrahlung. Mechanism that satisfactorily describes this phenomenon has been proposed.

ВЛИЯНИЕ АРКТИЧЕСКОГО КОЛЕБАНИЯ НА ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ РЕГИОНА БАЛТИЙСКОГО МОРЯ

И. Гечайте, А.И. Погорельцев

Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург, Россия
gecaite.indre@gmail.com

INFLUENCE OF ARCTIC OSCILLATION ON THE THERMAL REGIME IN THE EASTERN PART OF BALTIC SEA REGION

I. Gechaite, A.I. Pogoreltsev

Russian State Hydrometeorological University, Saint Petersburg, Russia

Представлены статистические оценки влияния Арктического колебания на температурный режим восточной части региона Балтийского моря. Независимо от общего потепления климата все еще наблюдаются аномально низкие температуры зимой. В последние годы ученые все больше внимания уделяют процессам, происходящим в регионе Арктики не только на поверхности Земли, но и в тропосфере и стратосфере. Арктическое коле-

бание (АК) является одной из глобальных структур атмосферной циркуляции, имеющей тесные связи с изменчивостью погоды в Северной Европе. К сожалению, на данном этапе исследований ученым не удается сделать достоверный прогноз будущего знака фазы АК, так как процессы, связанные с АК, являются хаотичными и труднопредсказуемыми. В докладе представлен анализ аномалий холода, наблюдаемых в восточной части региона Балтийского моря, и рассмотрены особенности циркуляции атмосферы, связанные с изменением знака фазы АК. Анализируемый временной интервал охватывает 1951–2014 гг.

This paper presents statistical estimations of Arctic oscillation influence on the air temperature regime in the eastern part of the Baltic Sea region. Despite the global warming occurred, the extreme cold winter anomalies still take place. In recent years the researchers pay more attention to Arctic region processes not only at surface level, but in troposphere and stratosphere as well. Arctic Oscillation (AO) is a large scale global mode of climate variability that substantially influences the weather in Northern Europe, especially in winter season. Unfortunately, there is no reliable prognostic model to predict the AO phase. This paper presents the analysis of extreme cold anomalies and features of atmosphere circulation in the Eastern part of Baltic Sea region during different AO phase. The time interval considered is 1951–2014.

**ЗАРЯДКА ПРОВОДЯЩИХ ЧАСТИЦ
В СЛАБОИОНИЗОВАННОЙ СТОЛКНОВИТЕЛЬНОЙ ПЛАЗМЕ,
ХАРАКТЕРНОЙ ДЛЯ АТМОСФЕРЫ ЗЕМЛИ**

В.С. Грач

Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород, Россия
vsgrach@appl.sci-nnov.ru

**CHARGING OF CONDUCTIVE PARTICLES IN A WEAKLY IONIZED
COLLISIONAL PLASMA TYPICAL FOR THE EARTH'S ATMOSPHERE**

V.S. Grach

Institute of Applied Physics RAS, Nizhny Novgorod, Russia

Рассмотрено взаимодействие двух проводящих сфер со столкновительной слабоионизованной плазмой во внешнем поле. Предполагается, что плазма состоит из двух сортов ионов, влиянием электронов можно пренебречь. При анализе учитываются зарядка сферы вследствие оседания на ней ионов плазмы, поле заряда на сфере и пространственного заряда, процессы рекомбинации и молекулярная диффузия. Нестационарная задача о взаимодействии сфер с окружающей плазмой решается численными методами. Проанализирована временная динамика зарядов на сферах и возмущений в окружающей плазме, а также свойства стационарного состояния. Получены зависимости времени установления стационарного режима, стационарных зарядов на сферах и пространственных характеристик возмущенных областей в плазме от параметров плазмы, радиуса сфер и расстояния между ними. Приведены количественные оценки для различных областей атмосферы Земли.

We study the interaction of two conductive spheres with a weakly ionized collisional plasma under external electric field. Plasma is assumed to consist of positive and negative ions, electrons can be neglected. Charging of the spheres due to ion absorption, space charge influence and also molecular diffusion and ionization-recombination processes are taken into account. Resulting non-stationary problem is solved by numerically. Temporal dynamics of particle charge and ion densities in surrounding plasma is studied as well as the properties of the steady state. Sphere's stationary charges and temporal and space parameters of the plasma perturbation are obtained under different conditions. Quantitative estimates for different regions of the Earth's atmosphere are made.

**ГОДОВОЙ И СУТОЧНЫЙ ХОД КОНЦЕНТРАЦИИ
МЕЛКОДИСПЕРСНОГО АЭРОЗОЛЯ В АТМОСФЕРЕ ЮЖНОЙ
И ВОСТОЧНОЙ ЧАСТЕЙ ПУСТЫНИ ГОБИ**

А.Л. Дементьева, Г.С. Жамсуева, А.С. Заяханов

Институт физического материаловедения СО РАН, Улан-Удэ, Россия
ayunadem@gmail.com

**ANNUAL AND DIURNAL VARIATIONS OF FINE AEROSOL CONCENTRATIONS
IN THE ATMOSPHERE OF SOUTH AND EAST PARTS OF GOBI DESERT**

A.L. Dementyeva, G.S. Zhamsueva, A.S. Zayakhanov

Institute of Physical Material Science SB RAS, Ulan-Ude, Russia

Представлен годовой и суточный ход массовой концентрации аэрозоля фракций PM_{10} и $PM_{2.5}$ в атмосфере южной (ст. Даланзадгад) и восточной (ст. Сайншанд, Замын-Ууд) частей пустыни Гоби.

В весеннее время за счет вклада пыльных бурь амплитуда суточных вариаций наибольшая, при этом наблюдается повышение среднечасовых концентраций PM_{10} до 145 мкг/м^3 в послеполуденное и вечернее время. Максимальная амплитуда среднесуточных колебаний концентрации PM_{10} на ст. Даланзадгад отмечается в зимнее время (221 мкг/м^3), тогда как на ст. Сайншанд и Замын-Ууд — в весеннее время в период пыльных бурь (23 мкг/м^3 и 87 мкг/м^3 соответственно).

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы Президиума РАН № 4.12 и объединенного проекта № 14, выполняемого СО РАН совместно с Академией наук Монголии.

The annual and diurnal variation of aerosol mass concentration fraction of PM_{10} and $PM_{2.5}$ in atmosphere of the south (st. Dalanzadgad) and eastern (st. Sainshand, Zamyn Uud) parts of Gobi Desert are presented.

Increasing of average hourly PM_{10} concentrations up to $145 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ in the afternoon and evening are observed in spring due to the contribution of dust storms. The maximum amplitude of oscillation of daily average PM_{10} concentrations found at st. Dalanzadgad in the winter and is $221 \text{ }\mu\text{g/m}^3$, while the stations Sainshand and Zamyn Uud is noted in the spring during dust storms and is $23 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ and $87 \text{ }\mu\text{g/m}^3$, respectively.

This work was supported by the Presidium Program of RAS No. 4.12 and Integrated Project No. 14.

**ИЗМЕНЧИВОСТЬ СОДЕРЖАНИЯ ОЗОНА,
ОБУСЛОВЛЕННАЯ КРУПНОМАСШТАБНЫМИ ДИНАМИЧЕСКИМИ
ПРОЦЕССАМИ В ЗИМНЕЙ СТРАТОСФЕРЕ**

Е.А. Дробашевская, А.И. Погорельцев, С.П. Смышляев

Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург, Россия
drobashevskaya@gmail.ru

**VARIABILITY OF THE OZONE CONTENT DUE TO THE LARGE-SCALE
DYNAMICAL PROCESSES IN THE WINTER STRATOSPHERE**

E.A. Drobashvskaya, A.I. Pogoreltsev, S.P. Smyshlyayev

Russian State Hydrometeorological University, Saint-Petersburg, Russia

Рассматривается влияние динамических факторов на содержание озона в зимней стратосфере, а именно влияние планетарных волн на устойчивость циркумполярного вихря, температуру полярной стратосферы и содержание озона и других газовых примесей. Анализ проводился на основе спутниковых данных. Полученные результаты сравнивались

с данными реанализа (MERRA). Кратко обсуждаются возможные механизмы, ответственные за взаимодействие химических и динамических процессов, которые могут приводить к понижению содержания озона.

Influence of dynamical factors on the ozone content in the winter stratosphere is investigated, exactly, the influence of planetary waves on the stability of circumpolar vortex, stratosphere temperature, and content of ozone and other trace. Firstly we analyzed satellite data. The results obtained are compared with the reanalysis data (MERRA). The possible mechanisms responsible for the interaction of chemical and dynamical processes are shortly discussed.

ЛИДАР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МЕТЕОПАРАМЕТРОВ АТМОСФЕРЫ

В.И. Жарков, Е.В. Горлов, С.М. Бобровников

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

LIDAR FOR MEASURING VERTICAL DISTRIBUTION OF ATMOSPHERIC METEOROLOGICAL PARAMETERS

V.I. Zharkov, E.V. Gorlov, S.M. Bobrovnikov

V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, Tomsk, Russia

Разрабатываемый лидар для измерения вертикального распределения метеопараметров атмосферы представляет огромный интерес с точки зрения прогнозирования состояния атмосферы и изучения тенденций развития протекающих в ней процессов. Во всех этих и многих других задачах подобного плана вертикальные распределения температуры и влажности атмосферы (и их изменение во времени) являются важными входными параметрами. Обосновывается возможность реализации лидара для одновременного измерения вертикальных распределений влажности и температуры атмосферы при использовании одного источника лазерного излучения. Приводится расчет и компьютерное моделирование узлов и компонентов лидара.

Application of the lidar for the prompt determining the vertical distribution of meteorological parameters of the atmosphere allows to realize a fundamentally new approach in solving the problem of prediction of the atmospheric state, as well as in research of mechanisms of atmospheric and physical processes. In all these and many other problems of physics and optics of atmosphere, the vertical distribution of temperature and humidity of the atmosphere is the most important characteristic that determines the initial and boundary conditions of desired solutions. The report presents a project of the lidar based on the use of the effect of Raman scattering for the simultaneous measurements of vertical distribution of the atmospheric temperature and humidity. In the construction of the lidar, a matrix of mirrors in combination with the extensive application of the fiber transmission technology of optical signals is used. This approach allows to provide the minimal overall weight and dimensions characteristics of the lidar at high reliability. The calculation and computer simulation of units and components of the lidar are presented.

ДИНАМИКА ПЫЛИ В ПЫЛЕВЫХ ВИХРЯХ

Ю.Н. Извекова, С.И. Попель

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

DUST DYNAMICS IN DUST DEVILS

Yu.N. Izvekova, S.I. Popel

Space Research Institute RAS, Moscow, Russia

Моделируется динамика пылевых частиц в пылевых вихрях (dust devils), которые часто возникают в условиях земной атмосферы. Рассматриваемые пылевые вихри — это хорошо сформированные и относительно долгоживущие структуры, возникающие при хорошей солнечной погоде, их размеры варьируют от полуметра до более чем 100 м в ширину и от нескольких метров до километра в высоту. Вихревая структура такова, что пониженное давление в центре способствует поднятию мелких пылевых частиц с поверхности. Взаимодействуя друг с другом, пылевые частицы заряжаются и создают электрические поля, достигающие 10^4 В/м. В данной работе рассматривается движение пылевых частиц, обсуждаются условия их отрыва от поверхности и эффекты зарядки.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ (проект № МК-6935.2015.2) и РФФИ (проект № 14-05-31410 мол_а)

Dust particle dynamics is modeled in the so-called dust devils (DDs), which are a widespread event in the Earth's atmosphere. DD is a well-formed, and relatively long-lived whirlwind, emerging in sunny weather, ranging from small (half a meter wide and a few meters tall) to large (more than 100 meters wide and more than 1000 meters tall) in the Earth's atmosphere. The whirling structure with low pressure in the core picks up small dust particles from the surface. Interacting with each other dust particles become electrically charged and produce electric fields greater than 10^4 V/m. In this work we study dust particles motion, discuss the conditions of isolation from the surface and the effects of charging.

This work was supported by the Russian Federation Presidential Program for State Support of Young Scientists (project no. МК-6935.2015.2), the Russian Foundation for Basic Research (project No. 14-05-31410 мол_а).

ВЛИЯНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ТРОПИКАХ НА СТРАТОСФЕРУ

К.К. Кандиева, О.Г. Анискина

Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург, Россия
otra_va@mail.ru

INFLUENCE OF DYNAMICAL PROCESSES IN THE TROPICS ON THE STRATOSPHERE

К.К. Kandieva, O.G. Aniskina

Russian State Hydrometeorological University, Saint-Petersburg, Russia

Колебание Маддена–Джулиана — это изменение крупномасштабной экваториальной циркуляции, которая влияет на активность тропических циклонов. В нашем исследовании мы предприняли попытку оценить его и рассмотреть его связь с ветром, а также с геопотенциалом в полярных широтах. Для анализа мы использовали значения зонального ветра на 850 и 150 гПа, полученные с помощью данных NCEP/NCAR.

The Madden–Julian oscillation is the large scale equatorial circulation and it has been shown to impact tropical cyclone activity. In our research we have made an attempt to evaluate this oscillation and we have also reviewed relationships between: Madden–Julian oscillation and wind, and Madden–Julian oscillation and geopotential in polar latitudes. To analyze the oscillation we have used zonal winds components on 850 and 150 mb heights, data has been taken from Modern–Era Retrospective Analysis, National Centers for Environmental Prediction and the National Center for Atmospheric Research reanalyses.

**ИЗМЕНЕНИЕ ВЕРТИКАЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ
ВНЕТРОПИЧЕСКИХ ЦИКЛОНОВ В СПОКОЙНЫХ
И ВОЗМУЩЕННЫХ ГЕОМАГНИТНЫХ УСЛОВИЯХ**

А.А. Караханян, С.И. Молодых

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

**VARIATION OF VERTICAL PROFILE
OF EXTRATROPICAL CYCLONE TEMPERATURES UNDER QUIET
AND DISTURBED GEOMAGNETIC CONDITIONS**

A.A. Karakhanyan, S.I. Molodykh

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

Проведено исследование вариаций вертикального профиля температуры в центральных частях теплого и холодного секторов в процессе возникновения и развития циклонов, перемещающихся в атмосфере внетропических широт, во время фазы минимума солнечной активности. Проанализирована динамика вертикального профиля температуры в течение циклогенеза над сушей и океаном в спокойных и возмущенных геомагнитных условиях. В спокойных геомагнитных условиях происходит классическое заполнение циклона, при котором понижение температуры в теплом секторе циклона сопровождается ее повышением в холодном секторе на высотах до 300 гПа. В возмущенных геомагнитных условиях наблюдается замедление повышения температуры в холодном секторе. Для теплого сектора характерны незначительное повышение и стабилизация температуры, что приводит к замедлению заполнения и увеличению продолжительности жизни циклона.

We studied variations of the vertical temperature profile in the central parts of the warm and cold sectors during the emergence and evolution of extratropical cyclones in the Northern Hemisphere at solar minimum. The dynamics of vertical temperature profile during cyclogenesis over the land and the ocean under quiet and disturbed geomagnetic conditions is analyzed. The classic cyclolysis occurs under quiet geomagnetic conditions; the temperature decreases in the warm sector and increases in the cold one at heights of up to 300 hPa. Under disturbed geomagnetic conditions, the temperature in the cold sector increases more slowly. The warm sector of the cyclone is characterized by an insignificant increase and stabilization of the temperature. This possibly results in slower cyclolysis and an increased lifetime of the cyclone.

**ИЗМЕНЧИВОСТЬ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ОКЕАНА
НА РАЗЛИЧНЫХ ВРЕМЕННЫХ МАСШТАБАХ**

К.Е. Кириченко

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

**SEA SURFACE TEMPERATURE VARIABILITY
ON DIFFERENT TIME SCALES**

K.E. Kirichenko

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

Рассматривается и анализируется изменчивость температуры поверхности океана (ТПО) на межгодовых и десятилетних временных масштабах. Используются временные ряды средних месячных данных ICOADS (International Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set) за 1854–2014 гг. Обнаружено, что изменчивость ТПО характеризуется значительной пространственной неоднородностью и зависит от рассматриваемого периода вре-

мени. Выявлены области в Атлантическом и Тихом океанах, в которых наблюдается максимальное проявление квазишестидесятилетнего колебания, амплитуда которого достигает 0.8 °С. К наблюдаемой значительной межгодовой изменчивости ТПО относится явление Эль-Ниньо — Южное колебание, наиболее ярко выраженное в восточной тропической части Тихого океана. Обсуждается вклад изменений ветрового напряжения и вертикального перемешивания в океане в наблюдаемые вариации ТПО.

The variability of sea surface temperature (SST) at interannual and decadal time scales is reviewed and analyzed. Time series of monthly mean data ICOADS (International Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set) for the period 1854–2014 are used. It is found that the variability of SST is characterized by considerable spatial heterogeneity and depends on the period in question. We have distinguished areas in the Atlantic and Pacific oceans, where the manifestation of quasi-sixty oscillations is maximal and their amplitude reaches 0.8 °C. The significant interannual SST variability includes El Niño — Southern Oscillation (ENSO), ENSO has its largest expression in the eastern tropical Pacific. We also discuss the contribution of changes in wind stress and vertical mixing in the ocean to observed variations of SST.

ОБ АСТРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ В ГОРНЫХ РЕГИОНАХ ЮГА ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

П.Г. Ковадло, А.Ю. Шиховцев

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
kovadlo2006@rambler.ru, artempochta2009@rambler.ru

ON THE ASTROCLIMATIC CONDITIONS IN MOUNTAIN REGIONS OF THE SOUTH OF EASTERN SIBERIA

P.G. Kovadlo, A.Yu. Shikhovtsev

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

Известно, что разрешающая способность телескопов наземного базирования ограничена влиянием атмосферной турбулентности. Повышение разрешения солнечных и звездных телескопов, а также минимизация эффектов атмосферной турбулентности являются важными проблемами современной наблюдательной астрономии. В работе представлены результаты исследований астроклиматических условий в районах Саянской солнечной обсерватории (ССО) и Байкальской астрофизической обсерватории (БАО). По данным архива NCEP/NCAR Reanalysis получены вертикальные распределения пульсаций температуры, а также выявлены наиболее выраженные атмосферные слои с высокой турбулизацией. На основе формы энергетического спектра атмосферной турбулентности в широком диапазоне масштабов для ССО и БАО оценены высотные профили мелкомасштабных пульсаций температуры и пульсаций показателя преломления воздуха. Информация о пространственном распределении, динамике атмосферных слоев разной турбулизации, а также о фоновых параметрах мелкомасштабной турбулентности важна для оценки технических характеристик адаптивных оптических систем с целью повышения разрешения и качества изображений.

It is known that resolving power of ground-based telescopes is limited by the influence of atmospheric turbulence. Increasing the resolving power of solar and stellar telescopes, as well as minimizing the effects of atmospheric turbulence are important problems of modern observational astronomy. The research results of astroclimatic conditions at the Sayan Solar Observatory (SSO) site and at the Baikal Astrophysical Observatory (BAO) site are shown in the paper. Using NCEP/NCAR Reanalysis archive data the vertical distribution of temperature fluctuations is obtained, as well as atmospheric layers of high turbulization are identified. On the base on the atmospheric turbulence energy spectrum shape in a wide range of scales the altitude profiles of small-scale

temperature pulsations and the air refractive index ones are estimated for the SSO and BAO. Information on the spatial distribution and dynamics of different atmospheric turbulent layers, as well as the average parameters of small-scale turbulence is important to estimate the performance of adaptive optical systems, the task of which is to improve the image quality and resolution.

СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ ФИЗИЧЕСКОЙ ОПТИКИ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ РАССЕЯНИЯ СВЕТА НА КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ЧАСТИЦАХ ПЕРИСТЫХ ОБЛАКОВ

^{1,2}**А.В. Коношонкин**, ²**Н.В. Кустова**, ^{1,2}**А.Г. Боровой**, ^{1,2}**С.В. Насонов**, ^{1,2}**В.А. Осипов**

¹Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

²Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, Томск, Россия
sasha_tvo@iao.ru

COMPARISON OF DIFFERENT METHODS OF PHYSICAL OPTICS WHEN SOLVING THE PROBLEM OF LIGHT SCATTERING ON CRYSTAL PARTICLES OF CIRRUS CLOUDS

^{1,2}**A.V. Konoshonkin**, ²**N.V. Kustova**, ^{1,2}**A.G. Borovoi**, ^{1,2}**S.V. Nasonov**, ^{1,2}**V.A. Osipov**

¹National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

²V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, Tomsk, Russia

Представлены новые результаты сравнения разработанного в Институте оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН под руководством А.Г. Борового метода физической оптики с разработанным в Kyushu University (Япония) под руководством доктора К. Masuda методом физической оптики GOM2. Проведено сопоставление теоретических основ методов. Представлены результаты численного расчета на примере тестовой задачи. Для сравнения двух методов GOM2 решалась задача рассеяния света на гексагональной ледяной пластинке диаметром 50 мкм, высота которой варьировала от 4 до 7 мкм. Показатель преломления $n=1.3117$, длина волны падающего света 0.532 мкм. Частица неподвижна, свет падает со стороны шестиугольной грани. Показано хорошее согласие между полученными разными методами зависимостями интенсивности света, рассеянного в направлении строго назад. Хорошее совпадение подтверждает возможность использования метода физической оптики для решения задачи рассеяния света на частицах с характерным размером больше 30 мкм.

The report presents new results of the comparison of physical optics method developed at the V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS by Dr. A.G. Borovoi with GOM2 method developed at Kyushu University (Japan) by Dr. K. Masuda. A comparison of the theoretical foundations of method is presented. The results of numerical calculations of the test problem are provided. For comparing two methods the problem of light scattering by hexagonal ice plate with a diameter of 50 microns, the height of which ranged from 4 to 7 microns had been solved. The refractive index is $n=1.3117$, the wavelength of the incident light is 0.532 microns. The particle is fixed, and the light falls on the hexagonal face. The intensities in the exactly backscattered direction obtained by different methods showed good agreement. The results of the comparison confirm the possibility of using the physical optics method to solve the problem of light scattering by particles with a characteristic size greater than 30 microns.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЧИВОСТИ АТМОСФЕРНОЙ ТУРБУЛЕНТНОСТИ В РАЙОНЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ

¹**Е.А. Копылов**, ¹**В.П. Лукин**, ²**П.Г. Ковадло**, ²**А.Ю. Шиховцев**

¹Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, Томск, Россия

²Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия
evgen704@iao.ru

THE STUDY OF ATMOSPHERIC TURBULENCE VARIABILITY IN THE REGION OF LAKE BAYKAL

¹E.A. Kopylov, ¹V.P. Lukin, ²P.G. Kovadlo, ²A.Yu. Shikhovtsev

¹V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics, Tomsk, Russia

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

Приведены оценки кинетической энергии турбулентности в различные сезоны по данным микрометеорологических измерений в приземном слое атмосферы в районе п. Листвянка. Исследованы спектры неоднородностей скорости ветра и температуры при измерениях радиуса когерентности атмосферы. Рассмотрено, какая доля кинетической энергии преобразуется в турбулентную и как меняется данное соотношение в течение года. Проанализирована связь интегральных турбулентных характеристик с формой спектров атмосферных неоднородностей. Проведено сравнение условий астрономического видения в зимнее и летнее время.

Estimates of the kinetic energy of turbulence in different seasons according to the micro-meteorological measurements in the atmospheric surface layer in the region of Lake Baikal (Listvyanka). We investigated the spectra of inhomogeneities in wind speed and temperature measurements of the coherence radius of the atmosphere. We considered what part of the kinetic energy transforms into turbulent and how the ratio changes over the year. The correlation of the integral turbulence characteristics with the shape of the spectra of atmospheric inhomogeneities is analyzed. Comparison of astronomical visions in winter and in summer are compared.

ВЛИЯНИЕ ВОЗМУЩЕНИЙ В НИЗКОШИРОТНОЙ ТРОПОСФЕРЕ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ВО ВНЕТРОПИЧЕСКОЙ СТРАТОСФЕРЕ

¹O.S. Kochetkova, ²A.I. Pogoreltsev, ¹V.I. Mordvinov

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

²Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург, Россия
meteorologist-ka@yandex.ru

INFLUENCE OF LOW LATITUDE TROPOSPHERE DISTURBANCES ON DYNAMICAL PROCESSES IN THE EXTRATROPICAL STRATOSPHERE

¹O.S. Kochetkova, ²A.I. Pogoreltsev, ¹V.I. Mordvinov

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

²Russian State Hydrometeorological University, Saint-Petersburg, Russia

Для исследования распространения низкочастотных возмущений в нижней и средней атмосфере во время внезапных стратосферных потеплений (ВСП) использована модель средней и верхней атмосферы (МСВА). Результаты расчетов показали, что процессы в экваториальной тропосфере и стратосфере (квазидвухлетние колебания, конвективные источники тепла) существенно влияют на циркуляцию зимней внетропической стратосферы, включая ВСП, причем характер влияния зависит от амплитуды и расположения источников тепла в тропосфере. В зависимости от расположения дополнительные источники тепла могут усиливать или ослаблять циркуляционные факторы, ответственные за формирование барических аномалий в области стратосферного полярного вихря и стратосферного струйного течения. Наиболее сильное влияние оказывают дополнительные источники тепла в восточной части Индийского океана. Волновой перенос энергии из этого района усиливает барические аномалии во внетропической стратосфере над северо-восточной Азией и северной частью Тихого океана, что способствует развитию событий ВСП.

We used the model of the middle and upper atmosphere (MUAM) to investigate the propagation of low-frequency disturbances in the lower and middle atmosphere during sudden strato-

spheric warming (SSW) events. The results of simulation indicate that the processes in the equatorial stratosphere and troposphere (Quasibiennial oscillation, convective heat sources) significantly affect the winter stratospheric circulation, including the nature of the SSW. Moreover, influence depends on the amplitude and position of a heat source. Depending on the position of the additional heat sources can strengthen or weaken the circulating factors responsible for the formation of pressure anomalies in the stratospheric polar vortex and the stratospheric jet stream. The most heavily influenced by additional heat sources in the Eastern Indian Ocean. Advective or Wave energy transfer from the area increases the baric anomalies in the extratropical stratosphere over North-Eastern Asia and the North Pacific Ocean which contributes to the development of the SSW events.

ВАРИАЦИИ СЕЗОННОЙ АЭРОЗОЛЬНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ ТОЛЩИ АТМОСФЕРЫ В ДУШАНБЕ ПО ДАННЫМ AERONET

¹Н.Б. Курбонов, ²С.Ф. Абдуллаев, ²В.А. Маслов

¹Таджикский национальный университет, Душанбе, Таджикистан

²Физико-технический институт им. С.У. Умарова АН РТ, Душанбе, Таджикистан
nomvarjon_90@mail.ru

VARIATIONS OF SEASONAL AEROSOL OPTICAL THICKNESS OF THE ATMOSPHERE IN DUSHANBE ACCORDING TO AERONET DATA

¹N.B. Kurbonov, ²S.F. Abdullayev, ²V.A. Maslov

¹Tajik National University, Dushanbe, Tajikistan

²S.U. Umarov Physical and Technical Institute, Dushanbe, Tajikistan

В работе обсуждаются предварительные результаты исследований оптических и микрофизических характеристик атмосферы в Душанбе. Исследования проводились с июля 2010 по март 2011 г. с использованием солнечного фотометра CE-318 по программе AERONET. Показано, что аэрозольная оптическая толщина монотонно уменьшается с увеличением длины волны. Проведен анализ сезонных изменений запыленности, связанных с вторжением пылевой мглы.

The paper discusses the preliminary results of optical and microphysical properties of the atmosphere in Dushanbe, conducted between July 2010 till March 2011 using the sun photometer CE-318 on framework of AERONET program. Aerosol optical thickness decreases monotonically with increasing wavelength. The analysis of seasonal changes in dust associated with the intrusion of dust haze.

ВЛИЯНИЕ КВАЗИДВУХЛЕТНИХ КОЛЕБАНИЙ НА УСЛОВИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СТАЦИОНАРНЫХ ПЛАНЕТАРНЫХ ВОЛН И ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СО СРЕДНИМ ПОТОКОМ

О.И. Лейте, А.И. Погорельцев

Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург, Россия
olghaleite@gmail.com

QBO INFLUENCE OF ON PROPAGATION CONDITIONS OF STATIONARY PLANETARY WAVES AND THEIR INTERACTION WITH MEAN FLUX

O.I. Leite, A.I. Pogoreltsev

Russian State Hydrometeorological University, Saint-Petersburg, Russia

Исследуется влияние квазидвухлетних колебаний (КДК) на распространение стационарных планетарных волн (СПВ) из тропосферы в стратосферу и дается оценка различия

ускорений среднего потока под влиянием СПВ при различных фазах КДК.

Для расчета распространения СПВ с волновыми числами $m=1$ и $m=2$ (СПВ1 и СПВ2) используется линейная модель структуры СПВ. Климатические (осредненные за 2002–2012 гг.) значения амплитуд и фаз СПВ1 и СПВ2 в январе используются в качестве нижних граничных условий. При моделировании структуры СПВ использовались фоновые значения среднего зонального ветра для восточной и западной фаз КДК, рассчитанные с помощью эмпирических моделей UK Met Office и HWM07. Полученные результаты показывают, что имеется существенное влияние КДК на условия распространения СПВ из тропосферы в стратосферу. Ускорение среднего потока в высоких широтах сильнее под действием восточной фазы КДК.

The influence of the quasi-biennial oscillations (QBO) on propagation conditions of stationary planetary waves (SPW) from the troposphere into the stratosphere is investigated. Difference in accelerations of the zonal mean flow by SPW under different phases of the QBO is estimated. The linearized model of the SPW structure is used to calculate the propagation of the SPW with zonal wave numbers $m=1$ and $m=2$ (SPW1 and SPW2). The climatic (averaged over 2002–2012 years) SPW1 and SPW2 amplitudes and phases in January are used as lower boundary conditions. To simulate the SPW structure the background zonal mean wind for easterly QBO and westerly QBO phases we used outputs the UK Met Office and HWM07 empirical models. The results obtained show that there is a substantial influence of the QBO on propagation conditions of SPWs from the troposphere into the stratosphere. It is shown that accelerations of the mean flow at higher-middle latitudes are stronger under easterly QBO phase.

РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА НЕЙТРОНОВ НА РАЗЛИЧНЫХ СТАДИЯХ ГРОЗОВОЙ АКТИВНОСТИ В АТМОСФЕРЕ

В.Ю. Луценко, В.П. Антонова

Дочернее товарищество с ограниченной ответственностью «Институт ионосферы»,
Алматы, Казахстан
unclegoering@gmail.com

RESULTS OF MONITORING NEUTRONS AT DIFFERENT STAGES OF THUNDERSTORM ACTIVITY IN THE ATMOSPHERE

V.Y. Lutsenko, V.P. Antonova

Institute of Ionosphere, Almaty, Kazakhstan

Представлены результаты мониторинга тепловых нейтронов Тянь-Шаньского экспериментального комплекса на различных стадиях грозовой активности. Обнаружено, что стандартное отклонение минутных значений данных стандартного нейтронного монитора во время грозы всегда больше, чем в условиях хорошей погоды. Мы отобрали события во время прохождения грозовых облаков над высокогорной станцией, но без молниевых разрядов или с небольшим их количеством (предварительная фаза грозы). Найдено, что атмосферное электрическое поле положительной полярности уменьшает скорость счета нейтронного монитора, а отрицательной — увеличивает. Чувствительность детектируемых частиц к изменению электрического поля уменьшается с увеличением их энергии. Верхний энергетический порог составляет порядка 10 ГэВ. В этих событиях возможна генерация нейтронов, обусловленная молниевыми разрядами. Сделано заключение, что на разных стадиях грозовой активности регистрируемое изменение нейтронного потока обусловлено разными механизмами. Эти механизмы обсуждаются в работе.

Results of the study of monitoring thermal neutrons on Tien-Shan experimental complex at different stages of thunderstorm activity are presented. We found that the standard deviation of minute values of the neutron monitor data during thunderstorms always exceeds values under

fair weather conditions. We selected events during the passage of thunderstorm clouds over the high altitude station without lightning discharges or with a small number of them (the preliminary stage of a thunderstorm). It was found that atmospheric electric field of positive polarity decreases the count rate of the neutron monitor, and negative polarity increases. The sensitivity of the detected particles to change of the electric field decreases with increasing their energy. The upper energy threshold is ~10 GeV. The generation of neutrons caused by lightning is possible in these events. It is concluded that change of neutron flux at different stages of thunderstorm activity are caused by different mechanisms. These mechanisms are discussed.

**ПРИМЕНЕНИЕ ЛИДАРОВ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ АТМОСФЕРЫ**

А.П. Макеев, В.Д. Бурлаков, С.И. Долгий, А.В. Невзоров

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

**USING LIDARS IN SOLVING PROBLEMS
OF REMOTE SENSING OF ATMOSPHERIC PARAMETERS**

A.P. Makeev, V.D. Burlakov, S.I. Dolgii, A.V. Nevzorov

V.E. Zuev Institute of Atmospheric Optics SB RAS, Tomsk, Russia

Описываются технические характеристики модернизированного лидарного комплекса Сибирской лидарной станции. Представлены возможные методы дистанционных измерений радиационно-значимых параметров атмосферы, таких как стратосферный аэрозоль и озон. Обработанные данные лазерного зондирования показаны в виде восстановленных вертикальных профилей аэрозоля, озона и температуры.

The report describes the technical characteristics of modernized lidar complex of Siberian Lidar Station. The possible methods of remote measurements of radiatively significant parameters of the atmosphere, such as stratospheric aerosol and ozone, are presented. The processed laser sensing data are given in the form of retrieved vertical profiles of aerosol, ozone, and temperature.

**СВЯЗЬ ВИХРЕВОЙ АКТИВНОСТИ С ИЗМЕНЧИВОСТЬЮ МАЛЫХ ГАЗОВЫХ
СОСТАВЛЯЮЩИХ АТМОСФЕРЫ НАД ТЕРРИТОРИЕЙ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ**

Н.В. Панкратова, М.Г. Акперов

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия
n_pankratova@list.ru

**CORRELATION BETWEEN VORTEX ACTIVITY AND VARIABILITY
OF SMALL GASE COMPONENTS
OF THE ATMOSPHERE OVER NORTHERN EURASIA**

N.V. Pankratova, M.G. Akperov

A.M. Obukhov Institute of Atmospheric Physics RAS, Moscow, Russia

В работе проведен анализ пространственной и временной изменчивости газовых примесей на различных масштабах по данным измерений на станциях ИФА РАН, а также данных экспедиций TROICA (TRanscontinental Observations Into the Chemistry of the Atmosphere). Долговременные ряды наблюдений позволяют провести статистический анализ временной изменчивости газовых составляющих, корректно оценить линейные тренды. Для учета влияния фотохимических и динамических атмосферных процессов на химический состав приземного воздуха использована синоптическая информация и база данных

современного реанализа. Для исследования и систематизации синоптических условий был разработан автоматизированный метод идентификации внетропических циклонов и антициклонов. Исследованы режимы внетропических циклонов и антициклонов, в том числе количество, размеры и интенсивность, проведен анализ связи характеристик вихревой активности и состава приземного воздуха в Центральной России (станции ИФА) и в Центральной Сибири (Зотино), оценен вклад различных синоптических процессов в условия накопления и рассеивания примесей. Это позволит в дальнейшем уточнить методы прогноза опасных экологических ситуаций. Работа выполнена при поддержке проектов РФФИ № 15-55-04097, 15-35-21061, 14-05-31078; РФФИ № 14-47-00049.

The analysis of spatial and temporal variability of gas impurities at different scales from measurements at stations IAP RAS, as well as data of TROICA expeditions (TRAnscontinental Observations Into the Chemistry of the Atmosphere) was made. Long-term series of observations allow us to make statistical analysis of temporal variability of the gas components and correctly assess linear trends. Synoptic information and a database of modern reanalysis were used to account the effect of photochemical and dynamic atmospheric processes on the chemical composition of the surface air. The automated method of identification of extratropical cyclones and anticyclones was developed for researching and systematizing synoptic conditions. Modes of extratropical cyclones and anticyclones, including their number, size and intensity were investigated. The analysis of connection of characteristics of storm-track activity and composition of the surface air in Central Russia (IAP RAS stations) and in Central Siberia (Zotin) was made. The contribution of various synoptic processes to accumulation and dispersion admixtures was studied. This allows us to clarify the methods of forecasting of extrem ecological situations. The work has been funded by RFBR No. 15-55-04097, 15-35-21061, 14-05-31078; RSCF No. 14-47-00049.

ВАРИАЦИИ ПРИЗЕМНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ПРИ КУЧЕВО-ДОЖДЕВОЙ ОБЛАЧНОСТИ

К.Н. Пустовалов, П.М. Нагорский

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, Томск, Россия
const.pv@yandex.ru

VARIATIONS OF THE SURFACE ELECTRIC FIELD UNDER CUMULONIMBUS CLOUDINESS

K.N. Pustovalov, P.M. Nagorsky

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS, Tomsk, Russia

Исследованы вариации напряженности электрического поля E , связанные с кучево-дождевой облачностью. Используются данные (Томск) о напряженности E , информация об облачности и атмосферных явлениях (метеостанция «Томск») и данные спектрорадиометра MODIS. Наблюдения включают периоды май–сентябрь 2006–2013 гг. Отобраны данные со следующими особенностями: а) наличие Cb; б) наличие ливневого дождя, града или грозы; в) отсутствие Ns, As и St; г) отсутствие обложных и морозящих осадков; д) отсутствие тумана, дымки и дыма лесных пожаров. Допускалось наличие Cu, Sc, Ac, Cc, Ci и Cs. Определены статистические характеристики вариаций E при прохождении в Cb в ливневой и грозовой стадиях, не связанных с молниевыми разрядами, и их параметров: общей длительности вариаций T_v , амплитуды вариаций A_v , числа, длительности и средних значений положительных (Nd+, Dd+, Vd+) и отрицательных (Nd-, Dd-, Vd-) возмущений. Выявлены особенности вариаций E для атмосферных фронтов и внутримассовой конвекции.

We investigated the variation of the electric field E , associated with cumulonimbus clouds. We used the data (Tomsk) on the strength E , the information about clouds and atmospheric phenomena (weather station Tomsk) and data of spectroradiometer MODIS. The observation period was May–September 2006–2013. We selected data with the following features: a) the presence of Cb; b) the presence of shower, hail or thunderstorm; c) absence of Ns, As and St; d) lack landregen and drizzle; e) lack of fog, haze and smoke. The presence of Cu, Sc, Ac, Cc, Ci and Cs

was allowed. We determined statistical characteristics of the variations of E during the passage C_b in the shower and thunderstorm stages, non-associated with lightning, and their parameters such as the total duration of variations T_v , the amplitude of variations A_v , the number, duration, and average values of positive (N_{d+} , D_{d+} , V_{d+}) and negative (N_{d-} , D_{d-} , V_{d-}) disturbances. Features of variations E during atmospheric fronts and convective regions were identified.

**ВЛИЯНИЕ КДК И СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ
НА МЕЖГОДОВУЮ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ДАТ ВЕСЕННЕЙ ПЕРЕСТРОЙКИ
СТРАТОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ**

Е.В. Ракушина, А.Ю. Канухина, Е.Н. Савенкова, А.И. Погорельцев

Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург, Россия
zhenya_rakushina@mail.ru

**INFLUENCE OF QBO AND SOLAR ACTIVITY
ON INTERANNUAL VARIABILITY OF DATES OF SPRING-TIME TRANSITION
OF STRATOSPHEREIC CIRCULATION**

E.V. Rakushina, A.Yu. Kanukhina, E.N. Savenkova, A.I. Pogoreltsev

Russian State Hydrometeorological University, Saint-Petersburg, Russia

В данной работе исследуется влияние солнечной активности на изменчивость сроков весенней перестройки стратосферной циркуляции. Для обнаружения влияния данные о сроках и солнечной активности были сгруппированы согласно фазам квазидвухлетних колебаний (КДК). В результате была выявлена зависимость дат весенней перестройки стратосферной циркуляции от солнечной активности. При разделении сроков на раннюю и позднюю перестройку наибольшее воздействие солнечного сигнала обнаружено при поздней перестройке. Было показано также, что при высокой солнечной активности связь между датами весенней перестройки и солнечной активностью больше, чем при низкой.

The study is devoted to investigation of the solar activity influence on variability of the springtime transition dates of stratospheric circulation. Only grouping the data of the springtime transition and solar activity, according to the phases of the quasi-biennial oscillation (QBO), the Sun influence was detected. It was obtained that there is a dependence of spring transition dates on solar activity. And in case of the Sun influence on early and later spring transition, the more influence of solar signal is revealed at late spring transition. It was also shown that under high solar activity conditions, the relation between spring transition dates and solar activity is stronger, than at low one. The spring time transition is one the most prominent feature of the stratospheric circulation over the winter pole, it determines the beginning of spring season, and has impacts on the hydrological cycle, vegetative growing season and many other special things, and therefore is important for studying nowadays.

**СВЯЗЬ ПРОЦЕССОВ В ЭКВАТОРИАЛЬНОЙ ТРОПОСФЕРЕ
С ДИНАМИКОЙ СТРАТОСФЕРЫ**

М.А. Руднева, В.И. Мордвинов, Е.В. Девятова

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

**CONNECTION BETWEEN PROCESSES IN EQUATORIAL TROPOSPHERE
AND STRATOSPHERIC DYNAMICS**

M.A. Rudneva, V.I. Mordvinov, E.V. Devyatova

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

Исследована связь колебания Маддена–Джулиана (Madden-Julian Oscillation, МЖО) с динамическими процессами в стратосфере: квазидвухлетними колебаниями зонального

ветра в экваториальной стратосфере и внезапными стратосферными потеплениями — яркими событиями, характерными для динамики зимней высокоширотной стратосферы. МЖО — периодически усиливающаяся крупномасштабная конвекция в тропической тропосфере с периодом 30–60 сут. Характер МЖО меняется от года к году, что проявляется в изменчивости квазидвухлетней цикличности экваториального зонального ветра, а хорошо выраженным событиям МЖО большой амплитуды соответствуют наиболее масштабные события внезапных стратосферных потеплений. Работа выполнена в рамках гранта № НШ-2942.2014.5 Президента РФ государственной поддержки ведущих научных школ РФ.

We study the connection between the Madden-Julian oscillation (MJO) and dynamic processes in the stratosphere such as the quasi-biennial oscillations of zonal wind in the equatorial stratosphere and stratospheric sudden warmings. They are spectacular events typical for the dynamics of the extra-tropical winter stratosphere. MJO is a periodically increasing large-scale convection in the tropical troposphere with a period of 30–60 days. MJO character changes from year to year that is manifests in the variability of the quasi-biennial oscillation of equatorial zonal wind. Well-expressed large amplitude MJO events correspond to the most significant events of stratospheric sudden warmings. The study was supported by grant No. 2942.2014.5 of the President of RF of government support of RF leading scientific schools.

К ВОПРОСУ ВИХРЕВОГО ДВИЖЕНИЯ АТМОСФЕРЫ

Ю.А. Семенова, Р.Г. Закинян

Северо-Кавказский федеральный университет, Ставрополь, Россия
brilliance_wave@mail.ru

ON THE PROBLEM OF VORTEX MOTION OF THE ATMOSPHERE

Yu.A. Semenova, R.G. Zakinyan

North-Caucasian Federal University, Stavropol, Russia

Обычно в качестве основных состояний атмосферы рассматривают состояние статики и возмущение относительно него в виде геострофического и экмановского состояний. В этих моделях вертикальной составляющей скорости ветра пренебрегают. В настоящей работе исследовано трехмерное состояние атмосферы с учетом вертикальной скорости и показано, что оно является вихревым.

Записываем уравнения, описывающие стационарное состояние атмосферы, в безразмерном виде: $\delta = H/L$, $Re = UL/\nu$ (число Рейнольдса), $Ri = H\kappa N^2 / U^3$ (число Ричардсона), N — частота Брента–Вяйсяля, $N^2 = \alpha g \Delta \gamma$, $Pr = \nu / \kappa$ (число Прандтля), $Ro_L = U / 2\omega_{0z}$ (число Россби), $Ro_H = \frac{U}{2\omega_{0y}H}$. Получаем систему уравнений, описывающую поле скоростей. Ее анализ показывает, что движение воздушной частицы имеет трехмерную спиральную структуру.

Typically, the ground states of the atmosphere is considered as a state of static and outrage about him in the form of the geostrophic and Ekman states. In these models, the vertical wind velocity component is neglected. In this paper we investigate the three-dimensional state of the atmosphere with the vertical velocity and show that it is a vortex.

Equations describing the steady state of the atmosphere, in dimensionless form are the following: $\delta = H/L$, $Re = UL/\nu$ (Reynolds number), $Ri = H\kappa N^2 / U^3$ (Richardson number), N — of Brunt–Väisälä frequency, $N^2 = \alpha g \Delta \gamma$, $Pr = \nu / \kappa$ (Prandtl number), $Ro_L = U / 2\omega_{0z}$ (Rossby number), $Ro_H = \frac{U}{2\omega_{0y}H}$. We obtain a system of equations describing the velocity field. Its analysis shows that the motion of air particles has a three-dimensional spiral structure.

НАБЛЮДЕНИЕ ЧЕТОЧНОЙ МОЛНИИ В ЯКУТСКЕ

А.А. Горопов, Р.Р. Каримов, В.А. Муллаяров, В.И. Козлов, С.А. Стародубцев

Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю.Г. Шафера СО РАН, Якутск, Россия
Anatol2010@mail.ru

OBSERVATION OF THE BEAD LIGHTNING IN YAKUTSK

A.A. Toropov, R.R. Karimov, V.A. Mullayarov, V.I. Kozlov, S.A. Starodubtzev

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

Четочная молния представляет собой очень редкую форму электрического грозового разряда при грозе в виде цепочки светящихся точек, или бусин. Этот тип молний обязан своему происхождению разряду обычной линейной молнии. Форма каждого светящегося элемента четочной молнии близка сферической. Соседние элементы разделены темными несветящимися промежутками. Представлены результаты наблюдений четочной молнии во время грозы 6 июля 2014 г. в Якутске. Наблюдались три четочные молнии после ударов линейной молнии в телевизионную вышку в центре города. Во время грозы производилась запись электромагнитных сигналов от молний, измерялась напряженность электрического поля, регистрировались вариации нейтронов в атмосфере и производилась видеозапись с высоким разрешением (1920×1080, 25 кадров в секунду) четырьмя камерами, установленными на высоком здании в Якутске. Проведен анализ полученных видеозаписей и записей электромагнитных сигналов. Усиления потока нейтронов в атмосфере во время четочных молний не обнаружено. Проведена оценка линейных размеров светящихся областей и расстояния между областями четочной молнии.

Beaded lightning is a very rare form of electrical discharge during a thunderstorm, as a chain of luminous points or beads. This type of lightning discharge owes its origin usual linear lightning. The shape of each element of the luminous beaded lightning nearly spherical and is separated from adjacent elements, non-luminous dark gap. This paper presents the results of observations beaded lightning during a thunderstorm July 6, 2014 in Yakutsk. There were three beaded lightning strikes after a lightning to the television tower. During a thunderstorm, has been recorded electromagnetic signals from lightning, measured electric field intensity variations, detected neutrons in the atmosphere, and recorded video in high resolution (1920×1080, 25 fps) with four cameras mounted on the tallest building in Yakutsk. Video and electromagnetic signals were analyzed. Strengthening the neutron flux in the atmosphere during beaded lightning is detected. The estimation of the linear dimensions of the luminous area and the distance between the regions beaded lightning was made. The study was supported by the grant No. III-2942.2014.5 of the President of RF (the government support of leading scientific schools of RF).

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИЙ АКУСТИКО-ГРАВИТАЦИОННЫХ ВОЛН В АТМОСФЕРЕ

Н.О. Шевчук, А.И. Погорельцев

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия
n.o.shevchuk@mail.ru

MODELLING ACOUSTIC-GRAVITY WAVE TRAJECTORIES IN THE ATMOSPHERE

N.O. Shevchuk, A.I. Pogoreltsev

Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia

Наблюдения за полем серебристых облаков позволяют определить геометрические характеристики (длину волны, высоту наблюдения, азимут распространения) гравитационных волн, дошедших до мезосферы. Использование этих данных в численном моделировании вертикальной структуры гравитационных волн позволяет провести

обратную трассировку волн в область тропосферы и определить местоположение источника волны на высотах порядка 5 км. Для вычисления положения источника волны в тропосфере используется методика разделения волн на прямую и отраженную от диссипативной области, основанная на WKBJ-приближении. Существующие теоретически полученные формулы дают возможность оценки мощности источника гравитационных волн по изменчивости фонового ветра. Проведенный анализ показывает, что в определенной путем обратной трассировки волны области действительно существует заметный источник гравитационной волны.

Observations of noctilucent clouds allow us to determine characteristics of gravity wave, monitored in mesosphere (wave length, wave observation height, propagation azimuth). Using these parameters in numerical simulation of vertical structure of gravity wave makes possible wave backward tracing into the troposphere (to the heights of 5 km). We also apply technique based on WKBJ-approximation to separate numerical solution as direct and refracted waves. Theoretical formula give the opportunity to estimate the characteristics of gravity wave source by space variability of background wind. The results obtained show a good agreement between inverse ray tracing data and evaluation of source characteristics.

**СЕЗОННЫЕ ВАРИАЦИИ ПРИЗЕМНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ СО И ОЗОНА
В ЦЕНТРАЛЬНОЙ СИБИРИ:
НАБЛЮДЕНИЯ И ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**

Ю.А. Штабкин, К.Б. Моисеенко

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия
yuryshtabkin@gmail.com

**SEASONAL VARIATIONS OF CO AND OZONE SURFACE CONCENTRATIONS
IN CENTRAL SIBERIA: OBSERVATIONS AND NUMERICAL SIMULATION**

Yu.A. Shtabkin, K.B. Moiseenko

A.M. Obukhov Institute of Atmospheric Physics RAS, Moscow, Russia

В последнее время изменения состава приземного воздуха отмечаются не только вблизи промышленных центров, но и в удаленных от крупных городов районах. Мониторинг приземной атмосферы осуществляется мировыми сетями наблюдательных станций, к сожалению не охватывающими территорию России. Частично решает эту проблему фоновая наблюдательная станция ZOTTO (ZOtino Tall Tower Observatory, 60.26° N, 89.24° E, Красноярский край). Составной частью наблюдений в ZOTTO являются измерения приземной концентрации озона, ведущиеся с 2007 г. Ценность подобных наблюдений определяется ролью этого соединения в атмосферной химии: вариации содержания озона являются одним из основных факторов, влияющих на окислительные свойства атмосферы. В настоящей работе приведены результаты анализа данных наблюдений приземной концентрации озона на станции ZOTTO в период 2007–2012 гг. На основе численного моделирования с помощью химико-транспортной модели GEOS-Chem проведена оценка влияния антропогенных выбросов и биогенных эмиссий в Западной Европе и отдельных регионах России на фоновый состав приземного воздуха в Центральной Сибири. Работа выполнена при финансовой поддержке по грантам РФФИ № 14-05-31071 и 15-35-21061, а также по проекту РНФ № 14-47-00049.

Over the recent decades, changes in air composition have been observed not only near industrial centres, but also in background regions. Air quality monitoring is carried by global observation stations system, but it doesn't work in most of Russian territory. Observational station ZOTTO (Zotino Tall Tower Observatory, 60.26° N., 89.24° E, central Siberia) partly improves this situation. Surface ozone concentration measurements are part of ZOTTO observations carried out since 2007. The importance of these observations is determined by the role of this gas in the atmospheric chemistry: ozone variation is one of the main factors affecting atmospheric oxi-

ductive properties. This paper presents the results of analysis of O₃ near-surface concentration observations on ZOTTO station in 2007–2012. We use chemical-transport model GEOS-Chem to estimate the impact of anthropogenic and biogenic emissions in Europe and some regions of Russia in background near-surface air composition in Central Siberia. This work is supported by RFBR grants No. 14-05-31071 and 15-35-21061 and also RSCF project No. 14-47-00049.

УКАЗАТЕЛЬ АВТОРОВ

А		В	
Абдуллаев С.Ф.	98	Вазаева Н.В.	88
Абунин А.А.	15, 35, 51	Валл А.Н.	76
Абунина М.А.	15, 35, 51	Варгас Домингес С.	30, 33
Аванесян К.С.	84	Васильев Р.В.	60, 61, 62, 68
Акперов М.Г.	84, 100	Вдовин Е.М.	67
Алексеев В.Н.	54	Вовк А.Н.	41
Алексеева А.В.	36		
Алсаткин С.С.	37		
Андреев А.Б.	85		
Анискина О.Г.	93	Г	
Антонова В.П.	99	Гарасев М.А.	9
Антохин П.Н.	86	Гвоздарев А.Ю.	81
Антохина О.Ю.	86	Гвоздевский Б.Б.	21, 89
Анфиногентов С.А.	11, 12	Герасимова С.К.	10
Аргунов В.В.	37, 47, 87	Германенко А.В.	89
Афанасьев А.Н.	8	Гечайте И.	89
Ахадов А.Р.	17	Глоба М.В.	68
		Гололобов П.Ю.	10
		Горлов Е.В.	92
		Грач В.С.	90
		Грач С.М.	46, 68
		Гресс О.А.	8
Б		Гречнев В.В.	10
Бабченко С.В.	81	Григорьев В.Г.	10
Бадделей Л.	54	Григорьев В.М.	3
Балабин Ю.В.	21, 89	Гркович К.В.	82
Барабаш В.В.	38		
Белашова И.А.	65		
Белецкий А.Б.	68		
Белов А.В.	35, 51		
Белоусова Е.П.	87	Д	
Беневоленская Е.Е.	16	Дадашев Р.З.	39
Бернгардт О.И.	82	Девятова Е.В.	86, 102
Бессараб П.Ф.	52	Дементьев В.О.	68
Бессараб Ф.С.	48, 52	Дементьева А.Л.	91
Бобровников С.М.	3, 92	Демидов М.Л.	3
Бойченко С.В.	65	Демьянов В.В.	44
Боровой А.Г.	96	Дерес А.С.	11
Борчевкина О.П.	39	Деришев Е.В.	9
Бочкарев В.В.	65	Джалилов Н.С.	13
Бояринцев Э.Л.	29	Дмитриевская А.В.	41
Брюквина Л.И.	66	Долгий С.И.	100
Буднев Н.М.	8, 13	Дресвянский В.П.	69, 75
Буй Суан Тьен	40	Дробашевская Е.А.	91
Бурлаков В.Д.	100	Дудоров В.В.	70

Е		Карпов И.В.	39
Егоров Я.И.	12, 26	Каташевцева Д.Д.	56, 57
Едемский И.К.	57	Кацко С.В.	42, 43
Емельянова А.С.	71	Кашкина Т.В.	44
Еремина А.С.	70	Кириченко К.Е.	94
Ерошенко Е.А.	35, 51	Киселев В.И.	10
Ж		Клименко В.В.	44, 48, 52
Жамсуева Г.С.	91	Клименко М.В.	44, 48, 52
Жарков В.И.	92	Клюева А.И.	15
Жданов Д.А.	31	Книжин С.И.	46, 67
Живетьев И.В.	64	Кнуренко С.П.	28
З		Кобелев П.Г.	15
Заалов Н.Ю.	60	Ковадло П.Г.	3, 95, 96
Загреддинов Р.В.	46	Когогин Д.А.	46
Закинян Р.Г.	84, 103	Козлов В.И.	47, 104
Заруднев В.Е.	62	Козырева О.В.	54
Захаров В.Е.	48, 52	Колобов Д.Ю.	3
Захаров Ю.П.	29	Комарова Е.С.	42
Захаренкова И.Е.	44	Конецкая Е.В.	72
Заяханов А.С.	91	Коношонкин А.В.	96
Зимин М.Д.	66, 72	Копылов Е.А.	96
Зимовец И.В.	30	Кореньков Ю.Н.	48
И		Королькова О.А.	16
Иванов А.А.	32	Корсаков А.А.	47
Иванов К.И.	42	Косовичев А.Г.	30, 33
Иванова А.Л.	13	Котова Д.С.	48, 52
Иевенко И.Б.	54	Кочанов А.А.	24
Извекова Ю.Н.	92	Кочеткова О.С.	97
Ильин Н.В.	55	Кравцова М.В.	49
Исмайылы Р.Ф.	13	Крамар В.Ф.	88
К		Кривошапкин П.А.	10
Казарина Ю.А.	14	Крымский Г.Ф.	10
Калмыков Н.Н.	13	Крякунова О.Н.	51
Кандиева К.К.	93	Кудин Д.В.	81
Канухина А.Ю.	102	Кудрявцева А.В.	16
Караханян А.А.	94	Кузаков А.С.	72
Каримов Р.Р.	47, 104	Кузьмичев Л.А.	8, 13
Карпов А.И.	39	Кузнецов Р.Д.	88
		Кузнецова Г.М.	63
		Куницын В.Е.	50
		Курбатов Г.А.	50
		Курбонов Г.Б.	73
		Курбонов Н.Б.	17, 73, 98
		Куркин В.И.	50
		Кустова Н.В.	96
		Кушнарев Д.С.	60, 63, 68
		Кушнаренко Г.П.	63

Л	
Лавыгин И.А.	73
Лазарева Н.Л.	74
Ларюнин О.А.	50
Латыпов Р.Р.	79, 83
Латышев С.В.	18
Лебедев В.П.	60, 73
Леденцов Л.С.	18
Лейте О.И.	98
Ленок В.В.	19
Леонова А.В.	66
Леонова Н.В.	66
Лесовой С.В.	4
Лоптева Л.С.	19
Лоренен Д.	54
Лукин В.П.	96
Лукин Д.С.	83
Луковникова А.А.	15, 20
Луценко В.Ю.	99
Люлюкин В.С.	88

М	
Мазаева Е.Д.	21
Макеев А.П.	100
Малимбаев А.М.	51
Маслов В.А.	98
Маричев В.Н.	5
Мартынович Е.Ф.	69, 75
Матвиенко Г.Г.	5, 81
Маурчев Е.А.	21
Медведев А.В.	37, 60, 61, 63, 68
Мелехов А.В.	29
Мешалкина Н.С.	10
Минаев П.Ю.	22
Михалев А.В.	57
Моисеева М.А.	75
Моисеенко К.Б.	105
Молодых С.И.	94
Монхоев Р.Д.	8
Мордвинов В.И.	86, 97, 102
Морозова А.Д.	23, 24
Москалева Е.В.	60
Мохов И.И.	84
Мулляров В.А.	37, 87, 104
Муратов А.А.	24
Муратова Н.О.	24
Мыльникова А.А.	52, 59, 67

Мышьяков И.И.	11
Н	
Нагорский П.М.	101
Накаряков В.М.	6
Насонов С.В.	96
Насыров И.А.	46, 68
Науменко А.А.	76
Невзоров А.В.	100
Нелюбова О.В.	25
Никифорова В.В.	26
Нихайчик А.А.	26
Носиков И.А.	52
Носикова Н.С.	54

О	
Олемской С.В.	18
Оленева В.А.	35
Осипов В.А.	96

П	
Падохин А.М.	50
Панкратова Н.В.	100
Пантелеева Ю.Ю.	76
Парников С.Г.	54
Пахоруков А.Л.	27
Пензин М.С.	55
Перевалова Н.П.	56, 57
Петров И.С.	28
Петухов С.И.	28, 29
Петухова А.С.	28, 29
Пилипенко В.А.	54
Подлесный А.В.	76
Подлесный С.В.	57
Погорельцев А.И.	89, 91, 97, 98, 102, 104
Позаненко А.С.	21, 22
Полетаев А.С.	77
Полякова А.С.	57, 58, 59
Пономаренко А.Г.	29
Пономарчук С.Н.	55
Попель С.И.	92
Попов М.А.	78
Посух В.Г.	29
Преображенский М.С.	15

Прокопов П.А.	29
Просовецкий Д.В.	16
Пуляев В.А.	3
Пустовалов К.Н.	101

Р

Радиевский А.В.	39
Ракушина Е.В.	102
Ратовский К.Г.	37, 44
Рогов Д.Д.	60
Романова Е.Б.	56
Руденко Г.В.	12
Руднева М.А.	102
Румянцев В.В.	21

С

Савенкова Е.Н.	102
Садыков В.М.	30, 33
Сажин В.И.	67
Самолига В.С.	31
Самойлов О.Б.	78
Сафьянников А.С.	31
Световидов А.А.	79
Сдобнов В.Е.	49
Семенов В.А.	84
Семенова Ю.А.	103
Сергеев П.О.	31
Сетов А.Г.	60
Синеговская Т.С.	23, 24
Синеговский С.И.	23, 24
Скоморовский В.И.	3
Смирнов Д.В.	15
Смышляев С.П.	91
Сокольников А.К.	78
Солодчук А.А.	79
Сомов Б.В.	18
Стародубцев С.А.	104
Степанов Ф.А.	80
Струминский А.Б.	30
Сулаков В.П.	13
Суханов А.Я.	81

Т

Ташлыков В.П.	61
---------------	----

Тертышников А.В.	36
Тинин М.В.	46, 72
Тимофеева О.В.	56, 57
Тимофеев Л.В.	32
Тищенко В.Н.	29
Ткачев И.Д.	62
Токмачев Д.А.	77
Торопов А.А.	104

У

Умар З.	17
Учайкин Е.О.	81
Ульев В.А.	60

Ф

Файнштейн В.Г.	12, 26
Федоров Р.Р.	82
Фомин Ю.А.	13

Х

Холмогоров А.А.	62
-----------------	----

Ц

Цаюкова А.Г.	33
Цепакина И.Л.	51

Ч

Ченский А.Г.	40, 77
Черногор Л.Ф.	38, 41, 42, 43
Черных А.А.	69
Черняк Я.М.	83
Чупин М.М.	83
Чупраков С.А.	3
Чхетиани О.Г.	88

Ш

Шайхисламов И.Ф.	29
Шарипова Г.	51

Шарыкин И.Н.	30, 33
Шевчук Н.О.	104
Шиндин А.В.	46
Шипилова О.И.	69
Шиховцев А.Ю.	95, 96
Штабкин Ю.А.	105

Щ

Щербаков А.А.	61, 63
---------------	--------

Я

Ягова Н.В.	54
Яковлева О.Е.	63
Янке В.Г.	35
Ясюкевич Ю.В.	44, 50, 52, 58, 64

**МЕЖДУНАРОДНАЯ БАЙКАЛЬСКАЯ МОЛОДЕЖНАЯ НАУЧНАЯ
ШКОЛА ПО ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКЕ**
«ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В КОСМОСЕ И ОКОЛОЗЕМНОЙ СРЕДЕ»

**XIV Конференция молодых ученых
«Взаимодействие полей и излучения с веществом»**

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

Ответственный редактор *Е.В. Девятова*
Редакторы *Н.О. Волкова, М.В. Никонова*
Технические редакторы *И.Г. Амбаева, Н.В. Купрякова*

Тексты тезисов на английском языке представлены в версии авторов

Формат 60×90 1/8. Гарнитура *Times New Roman*.
Усл. печ. л. 14. Уч.-изд. л. 16.8. Тираж 200. Заказ № 165

*Отпечатано в издательском отделе ИСЗФ СО РАН,
664033, Иркутск, а/я 291,
и в ООО «Типография Оттиск»,
664025, Иркутск, ул. 5-я Армия, 24*