

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 (IRS) 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 космофизических 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_oF2 , 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_oF2 от 0.07 до 0.41 МГц. Их продолжительность равнялась 10–15 мин, относительное увеличение концентрации электронов состав-

ляло 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 аперiodических 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. Аперiodические 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–плазмасфера во время геомагнитных бурь. Модель ГСМ ТИП позволила выявить, какое влияние процессы в термосфере и плазмасфере 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. Загретдинов

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: Vasilursk, Zelenodolsk and Kazan. In the experiments radio path from GNSS satellite to Vasilursk 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 ($F_{10.7}\sim 70\text{--}100$). 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. Абунин, 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 ISTEP 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**, ²**Н.Ю. Заалов**, ²**Е.В. Москалева**, ¹**В.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. Rogov**, ²**N.Y. Zaalov**, ²**E.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.