

## **СЕКЦИЯ С**

### **Диагностика естественных неоднородных сред и конденсированные состояния**

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПРОФИЛЯ И ОПТИЧЕСКОЙ ТОЛЩИНЫ АЭРОЗОЛЯ В АТМОСФЕРЕ МАРСА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ НАДИРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В БЛИЖНЕМ ИНФРАКРАСНОМ ДИАПАЗОНЕ**

**М.Д. Алов, А.В. Родин**

Институт космических исследований РАН, Москва, Россия  
maximalov@gmail.com

#### **EXAMINING THE TEMPERATURE PROFILE AND OPTICAL DEPTH OF MARTIAN AEROSOL, USING NADIR MEASUREMENTS IN THE NEAR-INFRARED RANGE**

**M.D. Alov, A.V. Rodin**

Space Research Institute RAS, Moscow, Russia

Спектр теплового излучения (зависимость интенсивности излучения от длины волны), полученный при надирных измерениях атмосферы Марса в инфракрасном диапазоне вблизи полосы поглощения CO<sub>2</sub> 15 мкм, позволяет рассчитать высотную зависимость температуры атмосферы и полную оптическую толщину аэрозоля как функцию длины волны. Для этого производится численное решение уравнения переноса излучения с учетом собственного теплового излучения атмосферы и многократного рассеяния на аэрозоле. Полученный модельный спектр итерационно приближается к реальному спектру для выбранного географического места и сезона, который измерен космическим аппаратом на орбите Марса. В качестве параметра итераций выбирается вектор, составленный из температур и концентраций марсианского аэрозоля (пыль, водяной лед), определенных для набора узких атмосферных слоев с выполненным условием ЛТР на каждом из них.

The spectrum of thermal radiation (the intensity as a function of wavelength), received from nadir measuring of Martian atmosphere within the near-infrared range of broad CO<sub>2</sub> absorption band centered at 15 μm, allows us to calculate atmospheric temperature profile and total aerosol optical depth as a function of wavelength. To proceed, we perform the numerical solution of radiative transfer equation taking into account the intrinsic thermal radiation of the atmosphere and multiple scattering by aerosol. The resulting model spectrum is being approached iteratively to the real spectrum for the selected location and climate season, which has been measured by spacecraft orbiting Mars. The parameter of iterations is the vector of atmospheric temperatures and densities of Martian aerosol (dust and water ice), which are defined for a set of narrow atmospheric layers with the conditions of LTE on each of them.

#### **КРАТКОСРОЧНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ РАДИОЛИНИИ НА ОСНОВЕ ПАССИВНОГО ИОНОЗОНДА**

**В.А. Иванов, Д.В. Иванов, Р.Р. Бельгибаев**

Марийский государственный технический университет, Йошкар-Ола, Россия  
IvanovVA@marstu.net

#### **SHORT-TERM ESTIMATION OF RADIO LINE CONDITIONS WITH A PASSIVE SOUNDER**

**V.A. Ivanov, D.V. Ivanov, R.R. Belgibaev**

Mari State Technical University, Yoshkar-Ola, Russia

Ионосфера является средой, через которую проходит множество различных радиолиний. Изменчивость ионосферы создает проблемы для работы различных радиотехнических систем. Наиболее существенно эти изменения влияют на системы ДКМ-диапазона, так как их рабочие частоты близки к плазменным частотам ионосферы. Существует несколько методов радиозондирования ионосферы, к которым относится и зондирование с использованием пассивного ЛЧМ-ионозонда, реализуемого на базе стандартных приемников. При этом для расширения области применения новый ионозонд должен удовлетворять минимальным требованиям к аппаратным средствам, то есть должен представлять собой гибко перестраиваемую систему, программная часть которого обеспечивала бы обработку как зондирующего ЛЧМ-сигнала, так и сигналов помех, а также синхронизацию приемника к шкале единого мирового времени. Все это требует научного обоснования принципов и алгоритмов работы такого устройства с учетом оптимальной обработки ЛЧМ-сигналов во временной области.

В работе представлен созданный в МарГТУ программно-аппаратный комплекс пассивного ЛЧМ-ионозонда, требующий минимальных аппаратных затрат и позволяющий получать характеристики декаметровых линий связи. Разработаны и апробированы эффективные алгоритмы измерения в автоматическом режиме этих характеристик.

The hardware-software complex created in MarSTU passive chirp sounder is presented in this work, demanding the minimum hardware expenses and allowing to receive characteristics HF communication lines. Effective algorithms of measurement in an automatic mode of these characteristics are developed and approved.

## МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ ИОНОГРАММ ВЕРТИКАЛЬНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ, ОСНОВАННАЯ НА ИЗМЕНЕНИИ БАЗОВОГО ПРОФИЛЯ ЭЛЕКТРОННОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ

<sup>1</sup>**А.М. Веснин**, <sup>1</sup>**К.Г. Ратовский**, <sup>2</sup>**М.В. Клименко**, <sup>2</sup>**В.В. Клименко**

<sup>1</sup>Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия  
art-irk@inbox.ru

<sup>2</sup>Западное отделение Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В.Пушкова РАН, Калининград, Россия

## TECHNIQUE OF VERTICAL SOUNDING IONOGRAM PROCESSING BASED ON THE MODIFICATION OF INITIAL ELECTRON DENSITY PROFILE

<sup>1</sup>**A.M. Vesnin**, <sup>1</sup>**K.G. Ratovsky**, <sup>2</sup>**M.V. Klimenko**, <sup>2</sup>**V.V. Klimenko**

<sup>1</sup>Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia

<sup>2</sup>N.V. Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Waves Propagation RAS, West Department, Kaliningrad, Russia

Традиционно задача обработки ионограмм решается в два этапа: а) выделение на ионограмме следов отражения обыкновенной и необыкновенной составляющих; б) поиск профиля, который описывает следы отражения наилучшим образом. Из-за сильной зашумленности ионограмм, возникающей вследствие неоднородности ионосферы, антропогенной деятельности и других факторов бывает очень трудно решить задачу выделения трека. В данной работе представлена методика обработки экспериментальных ионограмм, в которой мы пытаемся обойти проблему выделения треков. Наш подход основан на изменении базового профиля электронной концентрации, которым может быть, например, прогноз модели IRI или профиль, полученный в предыдущий сеанс зондирования ионосферы. Описаны методы изменения профиля электронной концентрации, а также алгоритм подгонки профиля, представлены результаты практического применения методики. С помощью методики были обработаны ночные ионограммы, в том числе ионограммы с эффектом F-рассеяния. Методика использовалась для исследования явления кажущегося F1-слоя. Это явление наблюдалось во время магнитной бури 11 сентября 2005 г. на экваториальной станции в Джикамарке, а также во время проведения специального эксперимента 25 сентября 2009 на среднеширотной станции в Иркутске. Кажущийся F1-слой в Иркутске был проинтерпретирован на основе перемещающегося ионосферного возмущения, обусловленного внутренней гравитационной волной. Кажущийся слой F1 в Джикамарке объясняется появлением F3-слоя – дополнительного слоя в F-области.

The problem of ionogram processing is commonly solved in two stages: a) O and X echoes trace points are extracted from an ionogram; b) the electron density profile is calculated from the extracted traces. Our technique is design such way that it is not necessary to extract echo traces. It is often very difficult to solve the trace extraction problem because of low signal-to-noise ratio in the ionograms caused by the ionospheric irregularity, anthropogenic activity and other factors. This paper presents a technique for processing experimental ionograms that is an effort to avoid the trace extraction problem. Our approach is based on modifying initial electron density profile, which may be, for example, IRI model prediction or profile obtained in the previous sounding of ionosphere. This paper also describes methods for modifying the electron density profile and the profile fitting algorithm. The results of practical application of the technique are also presented. The technique was used to process nighttime ionograms including ionograms with F-spread. The technique was also used for studying an «apparent F1 layer» phenomenon. This phenomenon was observed at equatorial station, Jicamarca, during September 11, 2005 geomagnetic storm and at midlatitude station, Irkutsk, during special experiment on September 25, 2009. The «apparent F1 layer» phenomenon at station Irkutsk was interpreted in term of the travelling ionospheric disturbance caused by the atmospheric gravity wave. The «apparent F1 layer» at station Jicamarca was explained by the formation of F3-layer, F3-layer is an additional layer in F-region.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН  
НА ТРАССЕ МОСКВА–КАЗАНЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ IRI**

**Э.М. Гагаулин, О.Н. Шерстюков**

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

**MODELING RADIO WAVE PROPAGATION  
IN THE MOSCOW-KAZAN RADIO PATH, USING THE IRI MODEL**

**E.M. Gataullin, O.N. Sherstyukov**

Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, Russia

Работа посвящена моделированию распространения радиоволн коротковолнового диапазона на трассе Москва–Казань и сравнению расчетных данных с экспериментальными. С использованием модели IRI создано графическое приложение, которое позволило произвести расчет дальностно-угловой характеристики распространения радиоволн. С помощью этого приложения были построены зависимости минимальной дальности приема от частоты радиоволны для различных сезонов и времен суток. Для радиотрассы Москва–Казань построены зависимости угла возвышения, а также высоты отражения от рабочей частоты радиоволны. Исследовались сезонные и суточные изменения поглощения радиоволн для радиотрассы Москва–Казань. Определены зависимости поглощения от частоты радиосигнала. Произведено сравнение расчетных значений поглощения радиоволн с экспериментальными данными для радиотрассы Москва–Казань. Показано, что использованный метод моделирования радиотрассы дает совпадающие с экспериментальными значения поглощения радиоволн в ионосфере.

The work deals with modeling short wave radio propagation on the Moscow-Kazan radio paths and comparison of calculated data with experimental ones. Using the IRI model we created a graphical application that allows to calculate distance-angular characteristics of propagation of radio waves. With this application were plotted dependencies between minimum range of reception on the frequency of radio waves, for different seasons and times of day. For the Moscow-Kazan radio paths we plotted dependencies between the elevation angle and height of reflection on the operating frequency of radio waves. The seasonal and daily absorption variations of radio waves for Moscow-Kazan radio paths have been investigated. The dependence of the absorption on frequency of the radio signal have identified. The calculated values of the absorption of radio waves have compared with the experimental data for Moscow-Kazan radio paths. It is shown that the used method of modeling radio paths, gives agreement with the experimental values of the absorption of radio waves in the ionosphere.

**УЧЕТ ТОНКОЙ СТРУКТУРЫ СИГНАЛА ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ  
СИГНАЛОВ КОГЕРЕНТНОГО ЭХА**

**К.В. Гркович, О.И. Бернгардт**

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

**IMPROVEMENT OF COHERENT BACKSCATTER DATA PROCESSING TECHNIQUES BY TAKING  
INTO ACCOUNT THE SIGNAL FINE STRUCTURE**

**K.V. Grkovich, O.I. Berngardt**

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

В работе проведено исследование структуры отдельных реализаций сигналов среднеширотного когерентного рассеяния на неоднородностях, вытянутых вдоль геомагнитного поля. Нами были выявлены особенности сигнала, позволяющие определять наличие когерентных радиоотражений, а также улучшить методы обработки такого сигнала. Установлено, что реализации этих сигналов приближенно можно считать состоящими из малого набора отдельных импульсов, которые с точностью до доплеровского сдвига частоты повторяют излученный сигнал, а также из аддитивных шумов. Наличие в принятом сигнале копий излученного сигнала было использовано как критерий присутствия в выбранной реализации сигнала когерентных радиоотражений для разработки методики получения усредненных профилей мощности с разрешением по дальности, значительно превышающим разрешение, определяемое длиной импульса зондирования. С помощью этой методики была проведена обработка данных, полученных на иркутском радаре НР, что показало хорошее соответствие модели экспериментальным данным.

The present work is dedicated to study of separate sample structure of mid-latitude coherent scatter signals received from geomagnetic field elongated irregularities generated by two-stream or gradient-drift instabilities. We

have determined signal features which allow us to detect coherent backscatter presence and improve approaches of this signal processing. The samples of this signal are found out to consist of small amount of pulses which imitate transmitted signal within the accuracy of Doppler shift and also of different kind of noise signals. We have used the presence of transmitted signal copies in received signal as a criterion of coherent backscatter occurrence in order to build the power profiles averaging approach with spatial resolution higher than sounding pulse length. Irkutsk IS radar data processing based on this approach showed good agreement between signal model and experimental data.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ СИСТЕМ ГЛОНАСС\GPS

**В.А. Иванов, Н.В. Рябова, А.В. Зувев, А.Ю. Желонкин**

Марийский государственный технический университет, Йошкар-Ола, Россия  
ZuevAV@marstu.net

## A STUDY OF CHARACTERISTICS OF GLONASS\GPS RADIO NAVIGATING SIGNALS

**V.A. Ivanov, N.V. Ryabova, A.V. Zuev, A.U. Zhelonkin**

Mari State Technical University, Yoshkar-Ola, Russia

В последнее время большое внимание уделяется изучению структуры и динамики ионосферы Земли по данным измерений полного электронного содержания (ПЭС), которое регистрируется при зондировании ионосферы сигналами спутниковых навигационных систем – GPS и ГЛОНАСС. Исследование характеристик возмущений ПЭС, обусловленных изменениями солнечной, геомагнитной и сейсмической активности, имеет важное значение для решения широкого круга задач физики ионосферы и распространения радиоволн.

В результате проведенных в работе экспериментов получены оценки амплитуды ПЭС для различного уровня возмущенности магнитного поля Земли. Получены также зависимости помехоустойчивости навигационных сигналов для возмущенной и невозмущенной ионосферы. Сравнение результатов показало, что помехоустойчивость радионавигационных сигналов во время магнитной бури снижается примерно на 2 %.

As a result of the experiments spent in work estimations of amplitude TEC, for various level of disturbance a magnetic field of the Earth are received. Dependences of a noise stability of navigating signals for the indignant and not indignant ionosphere are received also. Comparison of results has shown that the noise stability of radio navigating signals during a magnetic storm decreases approximately on 2 %.

## О РАВНОВЕСНОМ ИЗЛУЧЕНИИ

**Ф.Д. Сапожников, Д.С. Карпук**

Белорусский государственный аграрный технический университет, Минск, Белоруссия  
dzmitry71@yahoo.co.uk

## ON EQUILIBRIUM RADIATION

**F.D. Sapozhnikov, D.S. Karpuk**

Belarus State Agrarian Technical University, Minsk, Belarus

Лучеиспускающую способность абсолютно черных тел выразим в следующем виде:

$$\xi'_{v,T} = \frac{2\pi h\nu^3}{C^2 \exp(h\nu/kT)} + \frac{2\pi kT\nu^2}{C^2 \exp(2h\nu/kT)} \quad (1), \text{ где } h - \text{ постоянная Планка; } \nu - \text{ частота излучения; } c - \text{ скорость}$$

света;  $k$  – постоянная Больцмана;  $T$  – температура.

Расчеты показали, что значения  $\xi_{v,T}$  и вычисленные по общепринятой функции Планка, почти совпадают во всем интервале  $T$  и  $\nu$ . Подставляя во второе слагаемое  $\xi_{iv,T}$  уравнения (1) равенство  $2h\nu = \xi_1 + \xi_2$  для слу-

чая  $\xi_1 = \xi_2$ , получим  $\xi_{iv,T} = \frac{\pi^2 (kT)^2}{2h^2 C^2} f^2(\xi) \xi$ , где  $\xi_1$  и  $\xi_2$  – энергия взаимодействующих частиц (требуется уточнение, каких частиц),  $f(\xi)$  – функция максвелловского распределения плотности вероятности частиц по энергиям. Проведенные исследования позволяют выдвинуть гипотезу о наличии в равновесном излучении квантов, частота которых прямо пропорциональна энергии взаимодействующих частиц, подчиняющихся максвелловскому распределению.

Blackbody emittance can be written as the following expression  $\xi'_{v,T} = \frac{2\pi h\nu^3}{C^2 \exp(h\nu/kT)} + \frac{2\pi kT\nu^2}{C^2 \exp(2h\nu/kT)} \quad (1),$

where  $h$  – Planck's constant;  $\nu$  – emitting frequency;  $c$  – speed of light;  $k$  – Boltzmann constant;  $T$  – temperature. Calculations have shown, that values  $\xi_{v,T}$  and calculated on Planck's standart function, almost coincide in all inter-

val  $T$  and  $v$ . Substituting the second item  $\xi_{1v,T}$  of equation (1) with the equality  $2h\nu = \xi_1 + \xi_2$ , for  $\xi_1 = \xi_2$ , the following expression can be obtained  $\xi_{iv,T} = \frac{\pi^2 (kT)^2}{2h^2 C^2} f^2(\xi) \xi$ , where  $\xi_1$  and  $\xi_2$  means energy of interacting particles (particles to be specified),  $f(\xi)$  means Maxwell probability density distribution function. The carried out researches allow to put forward a hypothesis about presence in equilibrium radiation of the quanta which frequency is directly proportional to energy of the co-operating particles submitting Maxwellian distribution.

## ПОЛУЧЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ МЕЛКОМАСШТАБНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ С ПОМОЩЬЮ ДВОЙНОГО ВЗВЕШЕННОГО ФУРЬЕ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

**С.И. Книжин, М.В. Тинин, Ю.А. Кравцов**

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

## IMAGING SMALL-SCALE INHOMOGENEITIES WITH THE USE OF DOUBLE FOURIER TRANSFORM

**S.I. Knizhin, M.V. Tinin, Yu.A. Kravtsov**

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

При исследовании неоднородной плазмы методами дифракционной и лучевой томографии довольно часто используются измерения фазы волны, прошедшей от источника к приемнику. В задачах томографии важную роль играют используемые модели, описывающие связь измеряемого поля сигнала с характеристиками среды распространения. Эти модели непосредственно связаны с тем или иным приближенным методом описания поля в неоднородной среде. Широко используемые в настоящее время такие методы, как метод геометрической оптики (ГО), приближение Рытова, приближение Борна и метод фазового экрана, имеют ряд ограничений.

В работах Тинина и Кравцова была предложена новая модель поля в виде двойного взвешенного фурье-преобразования (ДВФП). Данное представление имеет более широкую область применения по сравнению с вышеупомянутыми методами. ДВФП можно использовать в задачах со слабыми или сильными флуктуациями фазы. Кроме того, в ДВФП учитываются эффекты многолучевости. Метод ДВФП согласуется с приближениями Рытова, Борна, ГО и фазового экрана.

На основе метода ДВФП был получен алгоритм пространственной обработки сигнала. Такая обработка позволяет использовать алгоритм лучевой томографии при исследовании неоднородностей, масштаб которых не превосходит радиуса Френеля, т. е. в задачах диагностики неоднородных сред получать сверхфренелевское разрешение.

В представленной работе продолжены исследования возможностей метода ДВФП в диагностике неоднородных сред. Рассмотрена возможность получения изображений мелкомасштабных неоднородностей с помощью фазовой обработки сигнала на основе ДВФП и обратного преобразования Радона в случае слабых и сильных флуктуаций фазы.

Tomography analysis of inhomogeneous plasma uses a wide arsenal of approximate methods of the wave theory: the method of geometrical optics (GO method), the method of smooth perturbations by Rytov (Rytov's approximation- RA), the Born's method of small perturbations (Born's approximation – BA), the method of the phase screen (PS method). All these methods has their limitations.

The method of double weighted Fourier transform, suggested in the papers Kravtsov, Tinin, has a wider area of applicability as compared with GO, RA and BA. It is applicable both for weak and strong phase and amplitude variations and embraces all the methods, mentioned above.

On the basis of DWFT was obtained Kravtsov Yu. A., Tinin M.V. algorithm for spatial signal processing. Such processing allows to use of the ray tomography algorithm in the investigation of inhomogeneities whose scale is not greater than the radius of Fresnel, that is, for diagnostics of inhomogeneous media to obtain super-Fresnel resolution.

In the present paper we continue studying the possibility of DWFT in the diagnosis of inhomogeneous media. The possibility of obtaining images of small-scale inhomogeneities with the phase of signal processing based on DWFT and inverse Radon transform in the case of weak and strong phase fluctuations was considered.

## **БАРИОННЫЕ РЕЗОНАНСЫ $J=1/2$ И ЭФФЕКТЫ СМЕШИВАНИЯ**

**А.Е. Калошин, Е.А. Кобелева**

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия  
kaloshin@physdep.isu.ru, elenyich@mail.ru

## **BARYON RESONANCES $J=1/2$ AND MIXING EFFECTS**

**A.E. Kaloshin, E.A. Kobeleva**

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Мы исследуем влияние эффекта смешивания фермионных полей противоположной четности в системе барионов спина  $1/2$ . Возникающая система уравнений Дайсона–Швингера для одетых пропагаторов порождает на петлевом уровне эффекты смешивания при сохранении четности в вершине. В результате это приводит к сильной корреляции двух парциальных волн  $\pi N$ -рассеяния, что позволяет, в частности, получить дополнительную информацию о свойствах наиболее спорного резонанса N (1440).

We consider the effect of mixing of fermion fields of opposite parity in the baryons of spin  $1/2$ . The resulting system of Dyson-Schwinger equations for the dressed propagators gives rise to loop-level mixing effects, while maintaining parity in the top. As a result, this leads to a strong correlation between the two partial waves of  $\pi N$ -scattering, which allows in particular to obtain additional information about the properties of the most controversial of the resonance N (1440).

## **ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА КОЭФФИЦИЕНТ ПРЕЛОМЛЕНИЯ ВОДНО-ПЕСЧАНОЙ СМЕСИ**

**А.А. Козик, С.И. Кузнецова**

Томский государственный университет, Томск, Россия  
annadela@sibmail.com

## **MAGNETIC FIELD EFFECTS ON THE REFRACTIVE INDEX OF WATER-SAND MIXTURE**

**A.A. Kozik, S.I. Kuznetsova**

Tomsk State University, Tomsk, Russia

Дистанционное зондирование природных сред требует предварительных фундаментальных исследований в лабораторных условиях. В данной работе проведена диагностика электрофизических свойств неоднородной природной среды – смеси кварцевого песка с водой. Методом открытого конца коаксиала на частоте 3 ГГц измерена комплексная диэлектрическая проницаемость (КДП) и рассчитан коэффициент преломления смеси в диапазоне влажностей от 0 до 10 %.

По изменению наклона зависимости КДП от влажности обнаружены участки, соответствующие связанному и свободному состояниям воды. Воздействие постоянным магнитным полем 50–100 мТл на смесь с влажностью, соответствующей связанному состоянию воды, вызывало циклические изменения действительной части КДП, превышающие погрешность эксперимента. Наблюдалось уменьшение показателя преломления  $n$  связанной воды при воздействии магнитного поля и, после удаления магнитного поля, возврат  $n$  к прежнему значению.

Remote sensing of natural mediums requires preliminary basic research in laboratory environment. In this work carried out diagnostics of electrophysical characteristics inhomogeneous natural medium – mixed quartz sand with water. Dielectric constant was measured by technique of open-ended coax line on 3 GHz and index of refraction in humidity range 0–10 % was calculated.

On changing gradient of humidity dependence were revealed sections, corresponding bound and free states of water. Magnetic action by field 50–100 mT on mixture with humidity, corresponding bound state of water, generates cyclic changing real part of dielectric constant, which exceed experimental uncertainty. Under magnetic action decreasing refraction index of bound water was observed, and after moving off magnetic field  $n$  returns to previous value.

## **ОСОБЕННОСТИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ПРОФИЛЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ И СКОРОСТИ ВЕТРА В УСЛОВИЯХ МЕГАПОЛИСА ПО ДАННЫМ СВЧ И АКУСТИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ**

**Г.А. Курбатов**

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия  
kurbatov\_ga@physics.msu.ru

## **PECULIARITIES OF TEMPERATURE AND WIND VELOCITY VERTICAL PROFILES IN URBAN AREA AS DEDUCED FROM MICROWAVE AND ACOUSTIC SOUNDING DATA**

**G.A. Kurbatov**

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

В городских условиях термическая и ветровая стратификация оказывает большое влияние на распространение загрязнений. В московском регионе Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова и Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН (ИФА РАН) проводят непрерывные наблюдения профилей скорости ветра и температуры.

Профиль скорости ветра измеряется в диапазоне высот от 50 до 500 м с помощью акустического локатора ЛАТАН-3 с разрешением по высоте 20 м. Термическое зондирование атмосферного пограничного слоя (АПС) осуществляется до высоты 600 м микроволновым температурным профилимером МТП-5 каждые 5 мин, с разрешением по высоте в 50 м.

В докладе приведены результаты длительных непрерывных наблюдений и анализ изменчивости профилей скорости ветра и температуры в московском регионе. Представлены средние профили скорости ветра в диапазоне высот от 50 до 300 м и средние профили и градиенты температуры в слое до 600 м.

Анализ основных характеристик АПС можно использовать для уточнения входящих данных для численных расчетов по математическим моделям для условий мегаполиса.

In urban conditions thermal and wind stratification influence greatly the propagation of atmospheric pollutions. Faculty of Physics of Moscow State University together with Institute of Physics of Atmosphere RAS conduct continuous measurements of wind velocity and temperature profiles.

Profiles of wind velocity are measured in the range of 50–500 m with height resolution of 20m with the acoustic sounder LATAN-3. Temperature profiles in atmospheric boundary layer (ABL) are obtained with time resolution of 5 min and height resolution of 50 m up to the height 600m by the microwave temperature profiler MTP-5.

We present the results of long-period continuous measurements of wind velocity and temperature profiles and analyze the variability of these profiles in Moscow region, as well as mean wind velocity profiles for the range 50–300 m and mean temperature and temperature gradients in the boundary layer.

Such analysis of the main characteristics of atmospheric boundary layer can be used to improve the input data of numerical models of air pollution propagation in the urban area.

## **ОБРАБОТКА ДАННЫХ ЗОНДИРОВАНИЯ ИОНОСФЕРЫ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**

**А.В. Луценко**

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия  
luc\_alex@mail.ru

## **PROCESSING OF IONOSPHERIC SENSING DATA FROM NEURAL NETWORKS**

**A.V. Lutsenko**

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

В работе рассмотрена задача вторичной обработки геофизической и радиофизической информации, получаемой на базе ЛЧМ-ионозонда Института солнечно-земной физики СО РАН. В рамках данной проблемы рассмотрены следующие задачи:

- а) проведение предобработки для удаления шума с изображения;
- б) сжатие данных и получение треков.

Для решения первой задачи предложен алгоритм, названный фильтром по соседям, в паре с клеточным автоматом обладающий следующими характеристиками: для вертикального зондирования на частотах выше критической убирает до 90 % шума, на частотах ниже критической сильно ослабляет шум, что дает хорошую основу для решения второй задачи.

В рамках второй задачи сделано следующее:

- 1) проведен обзор литературы по выделению треков с помощью нейронных сетей;
- 2) проанализировано влияние вида и характера функции ошибки на работу нейросети;
- 3) проанализировано влияние структуры нейронной сети;

- 4) проанализированы различные методы обучения нейронной сети;
- 5) реализован вариант программы с использованием нейросетевого алгоритма;
- 6) проведено тестирование алгоритма на данных ВЗ и НЗ ИСЗФ СО РАН.

The problem of secondary processing of geophysical and radiophysical data, which is obtained on ionosonde of ISTP, is analysed in this paper. Considered two parts of this problem:

- a) preprocessing with noise decay;
- b) data reduction.

Algorithm, named neighborfilter, is suggested for salvation of first part of problem. It has good features jointly cellautomate.

For salvation of second task done next:

- 1) publication of tracks separation with neuronets are observed;
  - 2) influence of energy function is explored;
  - 3) influence of geometry of neuronet is explored;
  - 4) different methods of neyrolearning are tested;
- neyroalgorithm is realized neyroalgorithm is tested on different data.

### **ВЛИЯНИЕ СТОХАСТИЧЕСКИ НЕРЕГУЛЯРНОЙ ДИСПЕРСИИ НА РАСПРОСТРАНЕНИЕ ШИРОКОПОЛОСНОГО ЛЧМ-СИГНАЛА**

**Д.В. Иванов, Н.Н. Михеева**

Марийский государственный технический университет, Йошкар-Ола, Россия  
MiheevaNN@marstu.net

### **INFLUENCE OF STOCHASTICALLY IRREGULAR DISPERSION ON DISTRIBUTION OF BROADBAND CHIRP SIGNAL**

**D.V. Ivanov, N.N. Mikheyeva**

Mari State Technical University, Yoshkar-Ola, Russia

Распространение сложных сигналов в дисперсных средах ограничивает полосу частот неискаженной передачи сигналов полосой когерентности канала распространения. В результате возникает препятствие для использования важнейших свойств широкополосных сигналов. Расширение полосы когерентности каналов возможно только с использованием методов коррекции дисперсионных искажений. В этом случае на передний план выходят задачи исследования всех возможных факторов, влияющих на дисперсионные искажения структурных функций широкополосных декаметровых радиоканалов.

В работе проведено исследование влияния стохастически нерегулярной дисперсии на импульсные характеристики (ИХ) широкополосных ЛЧМ-сигналов. Вычислительный эксперимент проводился для частот 0.5МПЧ, 0.7МПЧ и 0.9МПЧ для трассы протяженностью 2623 км и с параметрами регулярной ионосферы. Стохастически нерегулярная дисперсия задавалась в виде случайного процесса, имеющего нормальное распределение с параметрами  $a=0$  и  $\sigma>0$ . В результате эксперимента была установлена зависимость уровня шумового пьедестала от величины  $\sigma$ . Получено, что с увеличением  $\sigma$  высота прямоугольника для ИХ уменьшается, а уровень шумового пьедестала поднимается.

Researches of influence stochastically irregular dispersion on impulse response broadband chirp signals are conducted in work. Computing experiment was spent for frequencies 0.5MUF, 0.7MUF and 0.9MUF for a line by extent of 2623 km and with parameters of a regular ionosphere. Stochastically irregular dispersion was set in the form of the casual process having normal distribution with parameters  $a=0$  and  $\sigma>0$ . As a result of experiment dependence of level of a noise pedestal on size  $\sigma$  has been established. It is received that with increase  $\sigma$  the height of a rectangle for impulse response decreases, and level of a noise pedestal rises.

### **ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ДИПОЛЬНОГО КЛАСТЕРА С ИОНОМ**

**Г.С. Павлов**

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

### **DIPOLE CLUSTER AND ION INTERACTION**

**G.S. Pavlov**

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

В этой работе изучается механизм образования тумана – образование капель воды на ионах. Проведено моделирование процесса испарения. Обнаружена зависимость процесса от знака заряда, и показано, что отрицательные ионы более эффективны.



In this work it's investigated the mechanisms of vaporization by ion. Evaporation and condensation processes of charged and uncharged water drops are modeled. The dependence of the process with the charge sign is found and it is shown that negative ion are more effective.

### **ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕПРЕРЫВНЫХ ЛЧМ-СИГНАЛОВ С ВЫСОКОЙ СКОРОСТЬЮ СКАНИРОВАНИЯ В ИОНОСФЕРНОМ РАДИОЗОНДИРОВАНИИ**

**А.В. Подлесный**

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия  
pav1986@rambler.ru

### **THE ADVANTAGES OF USING CONTINUOUS CHIRP SIGNALS WITH HIGH-SPEED SCANNING IN IONOSPHERIC RADIO SOUNDING**

**A.V. Podlesny**

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

В ИСЗФ СО РАН разработан подход к созданию унифицированных систем диагностики ионосферы в режимах ВЗ, НЗ и ВНЗ на базе цифрового ЛЧМ-ионозонда, основу которого составляют современные цифровые средства формирования, приема и обработки сигналов. Ионозонд может являться базовым элементом при разработке оптимальной системы ионосферного мониторинга, состоящей из нескольких передающих пунктов с мощностью излучения ~100 Вт для наклонного зондирования (НЗ) и достаточно плотной сети ЛЧМ-ионозондов вертикального зондирования (с излучаемой мощностью ~4 Вт), обладающих полной сигнальной совместимостью и временной синхронизацией с ионозондами НЗ. Такая система может обеспечить техническую базу для прогноза состояния ионосферы и каналов связи на территории России и являться одной из важных подсистем российской сети геофизического мониторинга.

In the ISTP SB RAS has developed an approach to the creation of unified systems of diagnosis of the ionosphere in the modes of the VS and OS digital chirp ionosonde, which is based on modern digital tools generation, receiving and processing signals. Ionosonde may be a basic element in the development of an optimal system of ionospheric monitoring, consisting of several transmitting points LFM probes with output power of 100 watts for oblique sounding (OS) and a rather dense network chirp ionosonde vertical sounding (with a radiated power of ~ 4 W) with full compatibility and signal timing with ionosonde OS. Such a system could form the basis for forecasting the state of the ionosphere and communication channels in Russia and is one of the most important subsystems of the Russian network of geophysical monitoring.

### **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ ФЛУКТУАЦИЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ВОЛН В СЛУЧАЙНО-НЕОДНОРОДНЫХ СРЕДАХ**

**М.В. Тинин, Н.Г. Русова**

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

### **ESTIMATING EFFICIENCY OF SPATIAL PROCESSING TO ELIMINATE INTENSITY FLUCTUATIONS OF WAVES IN RANDOM INHOMOGENEOUS MEDIA**

**M.V. Tinin, N.G. Rusova**

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

При распространении электромагнитных и звуковых волн через неоднородную среду возникают такие эффекты, как рассеяние волн, флуктуации амплитуды, частоты, фазы, изменение направления распространения и других параметров волны. Эти эффекты являются источниками искажений и ошибок в системах связи, локации, радионавигации, а также в системах управления.

В работе рассмотрена возможность уменьшения флуктуаций интенсивности волны в случайно-неоднородной среде с помощью пространственной обработки, базирующейся на обратном двойном взвешенном преобразовании Фурье. Асимптотический анализ и численное моделирование показывают эффективность такой пространственной обработки как при слабых, так и сильных флуктуациях интенсивности.

The propagation of electromagnetic and sound waves through an inhomogeneous medium having effects such as scattering of waves, there are fluctuations by amplitude, direction of propagation, frequency, phase and other parameters of wave. These effects are source of distortions and errors in communication systems, location, navigation, control systems.

The possibility of eliminating intensity fluctuations of waves propagating in random inhomogeneous media because of spatial processing, based the double weighted Fourier transform, was researched in this report. Asymptotic evaluation and numerical modeling show effectiveness such spatial processing by conditions of both weak and strong fluctuations.

## **МЕХАНИЗМЫ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВЧ РАДИОВОЛН НА КОРОТКИХ ТРАССАХ И ЭФФЕКТЫ ЧАСТОТНОЙ ДИСПЕРСИИ ДЛЯ НИХ**

**В.А. Иванов, Д.В. Иванов, М.И. Рябова**

Марийский государственный технический университет, Йошкар-Ола, Россия  
RyabovaMI@marstu.net

## **MECHANISMS OF HF RADIO WAVE PROPAGATION OVER SHORT DISTANCES AND THEIR FREQUENCY DISPERSION EFFECTS**

**V.A. Ivanov, D.V. Ivanov, M.I. Ryabova**

Mari State Technical University, Yoshkar-Ola, Russia

Квазизенитное распространение (КЗР или NVIS) позволяет осуществлять радиосвязь на коротких трассах (40–400 км) и чаще всего используется в стратегических целях и в телемедицине. Для оценки дисперсионных искажений, возникающих при КЗР, важно исследовать дифференциальные дисперсионные характеристики или полосу когерентности каналов с различными средними частотами для режима NVIS-связи.

В работе созданы аналитические модели NVIS-ионограмм и дифференциальных ионограмм. Проведено исследование зависимости  $d\tau/df$  от высоты ( $h_0$ ), полутолщины ( $y_m$ ) и критической частоты ( $f_c$ ) квазипараболического слоя, и получены аналитические выражения для этих зависимостей. В результате проведенных исследований получено, что величина  $d\tau/df$  практически не зависит от высоты слоя, а зависимости от полутолщины и критической частоты выражаются эмпирическими формулами  $d\tau/df(y_m) = 1.69y_m - 58.23$ ;  $d\tau/df(f_c) = -16.43f_c + 300.41$  соответственно. Получены оценки полосы когерентности.

Показано, что в случае распространения в широкополосном дисперсном ВЧ NVIS-радиоканале сложных сигналов с различной частотно-временной структурой и одинаковой полосой при увеличении дисперсности в канале большие искажения испытывают фазоманипулированные сигналы и меньшие – сигналы с линейно-частотной модуляцией.

Possibilities of HF radio communication using quasi-zenithal incidence of waves on the ionospheric reflecting layer (Near Vertical Incidence Skywave–NVIS), for distances 40–400 km are considered. The technique and the program for the synthesis of NVIS ionograms and differential ionograms are developed. Dependencies of inclinations of dispersive characteristics on frequency of a signal, height, half-thickness and critical frequency of the ionospheric layer are received. Calculation results of HF channels coherence strip on various operating frequencies for the given type of communication are presented. Propagation distortions of complex signals with various time- and frequency structure in a wide-band HF NVIS radio channel are shown.

## **ТЕРМОПОЛЕВАЯ БОЗОНИЗАЦИЯ МОДЕЛИ ТИРРИНГА. ПРАВИЛА ТИЛЬДА-СОПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ ФЕРМИОНОВ. ГОРЯЧИЕ И ХОЛОДНЫЕ ТЕРМОПОЛЯ**

**В.В. Семенов, С.Э. Коренблит**

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия  
korenblit@ic.isu.ru

## **THERMOFIELD BOSONIZATION OF THIRRING MODEL. ON FERMIONIC TILDE CONJUGATION RULES. HOT AND COLD THERMOFIELDS**

**V.V. Semenov, S.E. Korenblit**

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

Предложено обобщение правил тильда-сопряжения Ожimy которое обнаруживает у термического вакуумного состояния свойства когерентного состояния и удобно для осуществления термополевой бозонизации. Введение понятия «горячие» и «холодные» термополя позволяет различать представления термополей для разных вакуумов и приводит к правильной нормальной форме термополевых решений модели Тирринга при конечной температуре, с правильными свойствами антикоммутиации и ренормировки.

A generalization of Ojima tilde conjugation rules is suggested, which reveals the coherent state properties of thermal vacuum state and is useful for the thermofield bosonization. The notion of hot and cold thermofields is introduced to distinguish thermofield representations for different vacuums, giving the correct normal form of thermofield solution for finite temperature Thirring model with correct anticommutation and renormalization properties.

**ВЛИЯНИЕ ЭФФЕКТОВ РАСПРОСТРАНЕНИЯ КОРОТКИХ РАДИОВОЛН В ИОНОСФЕРЕ  
НА СИНХРОНИЗАЦИЮ СИСТЕМ СВЯЗИ И ЗОНДИРОВАНИЯ**

**В.А. Иванов, Н.В. Рябова, А.А. Чернов**

Марийский государственный технический университет, Йошкар-Ола, Россия  
ChernovAS@marstu.net

**INFLUENCE OF PROPAGATION OF SHORT RADIO WAVES IN THE IONOSPHERE  
ON SYNCHRONIZATION OF COMMUNICATION AND SOUNDING SYSTEMS**

**V.A. Ivanov, N.V. Ryabova, A.A. Chernov**

Mari State Technical University, Yoshkar-Ola, Russia

Сложное строение среды распространения и непрерывное во времени изменение параметров ионосферы оказывают негативное влияние на распространение радиоволн и изменяют условия синхронности работы передатчика и приемника систем связи. Таким образом, возникает задача автоматической синхронизации терминалов системы на ионосферной линии ВЧ-связи, слежения за вариациями из-за изменчивости среды (по данным зондирования и по модельным расчетам).

В работе проведен анализ проблемы синхронизации систем ВЧ-связи и зондирования ионосферных радиоканалов, обоснованы с использованием понятия функции рассеяния радиоканала принципы синхронизации во временной и частотной областях радиотехнических систем высокочастотной связи. Разработан алгоритм оценки величины смещения начала отсчета на оси разностной частоты приемного терминала панорамного ЛЧМ-зонда.

One effective way of overcoming the negative impact of volatility environment is to adapt the system to them, is solved by the sounding of the communication line. It is therefore necessary to justify the synchronization algorithm that takes into account variability of the environment and enables the automatic operation on previously unknown routes by taking into account the absolute signal propagation time from transmitter to receiver and the Doppler frequency shift. Encouraged to use the characteristic surface performance and measured during probing scattering function. Thus, for the implementation of the synchronization process must first detect a signal (in our case, scattering function), to determine the coordinates of the projection of its maximum on the plane and automatically generate the frequency and time shift.

**САМОЛЕТНОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ АЭРОЗОЛЬНОГО СОСТАВА ВОЗДУХА  
НАД СЕВЕРО-ВОСТОЧНЫМИ РАЙОНАМИ СИБИРИ**

**Д.Г. Чернов, М.В. Панченко, В.С. Козлов, В.П. Шмаргунов**

Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, Томск, Россия  
[chernov@iao.ru](mailto:chernov@iao.ru)

**AIRCRAFT SOUNDING OF AEROSOL AIR COMPOSITION  
OVER NORTHEASTERN SIBERIA**

**D.G. Chernov, M.V. Panchenko, V.S. Kozlov, V.P. Shmargunov**

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

Важную роль в исследованиях высотных профилей сажи и субмикронного аэрозоля в тропосфере играет самолетное зондирование аэрозольного состава воздуха. С помощью самолета-лаборатории АН-30 «Оптик-Э» в рамках проектов POLARCAT и YAK-AEROSIB осуществлялись полеты на севере Сибири над ее заполярными территориями – в районе Салехарда на западе и вплоть до Певека на востоке (66–72° N), в Восточной Сибири на широтах 55–62° N, а также над озером Байкал. Каждый перелет проходил на высотах от 500 до 7000 м с переменным набором высоты и снижением. При этом продолжительность полета на трех высотных эшелонах (500, 2000 и 7000 м) составляла 10–12 мин на каждой из высот. В ходе перелета проводилось до пяти таких вертикальных разрезов. Анализ самолетных измерений позволил оценить высотные профили сажи и субмикронного аэрозоля. Отмечено, что в приполярных северных районах Сибири реализовались условия наиболее высокой чистоты воздуха.

The aircraft sounding of aerosol air composition plays important role in studies of the high-altitude profiles of soot and sub-micron aerosol in the troposphere. With the help of the aircraft-laboratory An-30 "Optik-E" within the framework of projects POLARCAT and YAK-AEROSIB were accomplished the flights to the north of Siberia above its polar territories – in Salekhard region in the West and up to Pevek in the east (66–72° N), in East Siberia on the latitudes 55–62° N, and also above Baikal lake. Each overflight was passed at the heights from 500 to 7000 m with a variable climb and decrease. In this case the duration of flight on three high-altitude echelons (500, 2000 and 7000 m) made 10–12 minutes for each of the heights. In the course of each overflight it was carried out to 5 such elevations. The analysis of aircraft measurements made it possible to estimate the high-altitude profiles of soot and sub-micron aerosol. It is noted, that in the circumpolar northern regions of Siberia realized the conditions of the highest purity of air.