

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

ЛЕКЦИИ

**ДИНАМИКА НЕОДНОМЕРНЫХ НЕЛИНЕЙНЫХ ВОЛНОВЫХ СТРУКТУР
В СРЕДАХ С ПЕРЕМЕННОЙ ДИСПЕРСИЕЙ
(ВКЛЮЧАЯ ИОНОСФЕРУ, МАГНИТОСФЕРУ И ГИДРОСФЕРУ)**

В.Ю. Белашов

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Россия
vybelashov@yahoo.com

**DYNAMICS OF MULTIDIMENSIONAL NONLINEAR WAVE STRUCTURES
IN MEDIA WITH VARIABLE DISPERSION
(INCLUDING IONOSPHERE, MAGNETOSPHERE AND HYDROSPHERE)**

V.Yu. Belashov

Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia

Лекция посвящена проблеме динамики 2D- и 3D-солитонов и нелинейных волн в средах с переменным во времени и пространстве дисперсионным параметром $\beta = \beta(t, \mathbf{r})$. Такая ситуация, например, имеет место при изучении эволюции 3D-БМЗ-волн в плазме, которая описывается уравнением Кадомцева–Петвиашвили:

$$\partial_t h + \alpha h \partial_x h + \beta(t, \mathbf{r}) \partial_x^3 h = \kappa \int_{-\infty}^x \Delta_{\perp} h dx,$$

где $h = B_{\perp} / |\mathbf{B}|$, когда $\beta = v_A (c^2 / 2\omega_{0i}^2) (\text{ct } g^2 \theta - m_e / m_i)$, $v_A = f [B(t, \mathbf{r}), n(t, \mathbf{r})]$, $\theta = (\mathbf{k} \wedge \mathbf{B})$ (n – электронная концентрация). Аналогичная ситуация наблюдается для волн на поверхности «мелкой» жидкости, когда $\beta = (c_0 / 6)(H^2 - 3\sigma / \rho g)$, $c_0 = \sqrt{gH}$ – фазовая скорость линейных волн малой амплитуды, $H(x, y, t)$ – глубина жидкости (примером может служить задача о трансформации волн цунами при выходе их на побережье). Еще один характерный пример – распространение солитоноподобных ВГВ и возбуждаемых ими ПИВ на высотах F -слоя ионосферы в областях резких градиентов основных ионосферных параметров (в том числе на фронтах солнечного терминатора и пятна солнечного затмения). Рассматриваются и другие примеры. Материал лекции есть изложение основных аспектов как ранее известных, так и оригинальных результатов, а также обобщение опыта работы автора в области теории и численного моделирования динамики нелинейных волн в средах с переменной дисперсией.

This lecture is devoted to the problem of dynamics of 2D and 3D solitons and nonlinear waves in media with the varying in time and space dispersion $\beta = \beta(t, \mathbf{r})$. For example, that takes place on studying of the evolution of the 3D FMS waves in magnetized plasma, which is described by the KP equation $\partial_t h + \alpha h \partial_x h + \beta(t, \mathbf{r}) \partial_x^3 h = \kappa \int_{-\infty}^x \Delta_{\perp} h dx$ where $h = B_{\perp} / |\mathbf{B}|$ when $\beta = v_A (c^2 / 2\omega_{0i}^2) (\text{ct } g^2 \theta - m_e / m_i)$, $v_A = f [B(t, \mathbf{r}), n(t, \mathbf{r})]$, $\theta = (\mathbf{k} \wedge \mathbf{B})$ (n is the plasma density). Similar situation has place for the waves on surface of the “shallow water” when $\beta = (c_0 / 6)(H^2 - 3\sigma / \rho g)$, $c_0 = \sqrt{gH}$ is a phase velocity of small amplitude linear waves, $H(x, y, t)$ is a depth (as an example, the problem of transformation of tsunami waves at their output at coast). One more characteristic example is the propagation of the solitons-like IGW and TID of the electron density excited by them at the heights of the ionosphere's F -layer in regions with sharp gradients of the ionospheric parameters (including the regions of the fronts of solar terminator and spot of the solar eclipse). Other examples are also considered. This is consistent representation of the both early known and original results, and also the generalization of the experience of the author in theory and numerical simulation of the nonlinear waves in media with variable dispersion.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МОЩНЫХ КВ-РАДИОВОЛН
С ПЛАЗМОЙ ВЕРХНЕЙ ИОНОСФЕРЫ**

С.М. Грач

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского (национальный исследовательский университет),
Нижний Новгород, Россия
sgrach@rf.unn.ru

**PHYSICAL BACKGROUND OF THE INTERACTION OF HIGH-POWER HF RADIO WAVES WITH
THE PLASMA OF THE UPPER IONOSPHERE**

S.M. Grach

Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod (National Research University), Nizhni Novgorod, Russia

Обсуждаются основные свойства и физические процессы, лежащие в основе возбуждения искусственной ионосферной турбулентности (ИИТ) в области отражения мощной радиоволны обыкновенной поляризации (с частотой f_0). ИИТ включает в себя высокочастотные квазипотенциальные плазменные волны с частотами $f \sim f_0$ и различные низкочастотные возмущения: ионно-звуковые и нижнегибридные волны, вынужденные ионно-звуковые колебания, неоднородности концентрации плазмы, вытянутые вдоль геомагнитного поля, с поперечными масштабами от десятков сантиметров до километров. ВЧ плазменные волны ускоряют электроны до энергий 10–50 эВ, что, в результате столкновений этих электронов с нейтральными частицами, приводит к дополнительной ионизации ионосферной плазмы и к усилению оптического свечения ионосферы. В то же время нагрев электронов плазменными волнами должен приводить к подавлению свечения за счет уменьшения коэффициента рекомбинации с ростом температуры и, следовательно, уменьшению концентрации возбужденных нейтральных частиц. Информативным проявлением ИИТ является генерация искусственного радиоизлучения ионосферы – шумовой составляющей малой интенсивности (от –50 до –80 дБ) в спектре отраженного от ионосферы сигнала мощной волны. Обсуждается зависимость основных свойств ИИТ от соотношения f_0 и гармоник электронной циклотронной частоты.

Main properties of the artificial ionospheric turbulence (AIT) near the reflection region of powerful ordinary polarized HF radio waves (with a frequency f_0) and process providing AIT excitation are discussed. AIT involves HF quasi-potential plasma waves with frequencies $f \sim f_0$ and a variety of low-frequency disturbances: ion-acoustic and lower-hybrid waves, heavily damped ion-acoustic oscillations, the geomagnetic field aligned plasma density irregularities with transverse scales from tens of centimeters to kilometers. High-frequency plasma waves accelerate electrons up to energies of 10–50 eV; these electrons, colliding with neutral particles, excite additional ionization of the ionospheric plasma. and the strengthening of the optical emission of the ionosphere. In the same time, heating of the electrons by plasma waves lead to the suppression of optical emission due to reduction of recombination coefficient (and a number of excited neutral particles) with increasing temperature. An informative manifestation of the AIT is the generation of the Stimulated Electromagnetic Emission – the low intensity noise component (from –50 to –80 dB) in the spectrum of the powerful wave signal reflected from the ionosphere. The dependence of AIT properties of on the ratio between f_0 and harmonics of the electron cyclotron frequency is also discussed.

ВЫДЕЛЕНИЕ КЛАССОВ КЛИМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПО СТЕПЕНИ ИХ ДЕТАЛЬНОСТИ

А.В. Елисеев

Институт физики атмосферы им. Обухова РАН, Москва, Россия
eliseev@ifaran.ru

CLASSIFICATION OF CLIMATIC MODELS ACCORDING TO THE DEGREE OF DETAIL

A.V. Eliseyev

A.M. Obukhov Institute of Atmospheric Physics, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Современные климатические модели (КМ) характеризуются различной степенью детальности описываемых физических процессов. В связи с этим принято выделять несколько классов КМ. Наиболее простыми климатическими моделями являются энергобалансовые модели (ЭБМ). Они описывают лишь основные климатообразующие процессы и используются, как правило, лишь для оценок осредненных по глобусу и году характеристик климата; их достоинством является физическая простота и возможность в ряде случаев получения аналитического решения. Наиболее детальными КМ являются модели общей циркуляции (МОЦ). При значительной вычислительной дороговизне они позволяют проводить детальное описание климатообразующих процессов с высоким пространственным и временным разрешением. Примерно в последнее десятилетие в мире выделился также класс климатических моделей промежуточной сложности (КМПС), занимающих промежуточное положение между ЭБМ и МОЦ, относительно дешевых с вычислительной точки зрения и допускающих анализ не только глобальных, но и региональных процессов. В лекции проводится обзор разных классов КМ. При этом отмечается, что широкий спектр задач науки о климате требует использования не только моделей какого-либо одного из классов, а всей иерархии существующих климатических моделей.

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ТЕОРИИ АККРЕЦИИ НА МАГНИТНЫЕ КОМПАКТНЫЕ ЗВЕЗДЫ

Н.Р. Ихсанов

Главная (Пулковская) астрономическая обсерватория РАН, Санкт-Петербург, Россия
nazar.r.ikhshanov@gmail.com

ACTUAL QUESTIONS IN THE THEORY OF ACCRETION BY MAGNETIC COMPACT STARS

N.R. Ikhsanov

Pulkovo Astronomical Observatory RAS, St. Petersburg, Russia

В лекции представлен критический анализ полувековой истории развития теории аккреции на компактные звездные объекты. Формулируются основные принципы и предположения, положенные в основу моделей квазисферической аккреции и аккреции из турбулентного Кеплерова диска. Справедливость этих предположений обсуждается в ходе сравнения теоретических выводов, полученных на их основе, с результатами наблюдений рентгеновских двойных систем крупнейшими наземными и космическими телескопами. Представлен сценарий аккреции вещества, обладающего собственным магнитным полем, на компактный звездный объект. Показано, что данные наблюдений рентгеновских пульсаров свидетельствуют в пользу реализации именно такого «магнитного» аккреционного сценария. В заключение представлен список основных проблем, решение которых является следующим этапом развития теории аккреции.

The lecture presents a critical analysis of the semi-centennial history of the theory of accretion onto compact stellar objects. I formulate basic principles and assumptions of the models of both the quasi-spherical accretion and accretion from the turbulent Keplerian disk. The validity of these assumptions is discussed while comparing their theoretical predictions with observational results on x-ray binary systems obtained with the largest ground-based and space telescopes. I introduce an accretion scenario in which a compact object is assumed to accrete magnetized matter. It will be shown that observational data on x-ray pulsars provide evidence in favor of this “magnetic accretion” scenario. When summarizing, I will list key problems, the solution of which will determine the next step in development of the accretion theory.

СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ГЛОБАЛЬНОЙ ВЧ-ДИАГНОСТИКИ ИОНОСФЕРЫ

С.Б. Кащеев, Ю.М. Ямпольский

Радиоастрономический институт НАН Украины, Харьков, Украина
kashcheev@rian.kharkov.ua

TODAY'S ASPECTS OF THE GLOBAL HF DIAGNOSTICS OF THE IONOSPHERE

S.B. Kashchev, Yu.M. Yampolski

Institute of Radioastronomy NAS of Ukraine, Kharkov, Ukraine

Рассмотрены возможности глобальной диагностики ионосферы с использованием широкоэмиттерных передатчиков и многопозиционных приемных систем ВЧ-диапазона. Влияние крупномасштабных ионосферных образований на распространение ВЧ-сигналов приводит к вариациям траекторных параметров на прямых радиотрассах и появлению дополнительных пространственных мод со значительными отклонениями от дуги большого круга. Основными информационными параметрами при решении задач радиозондирования ионосферы являются углы прихода, доплеровские смещения частоты и времена группового запаздывания сигналов (для импульсных передатчиков). На сегодня создана и функционирует Интернет-управляемая сеть цифровых приемников, расположенных в Украине, Антарктике, Северной Скандинавии, на арх. Шпицберген, в Лагосе (Нигерия), Джикамарке (Перу) и в Иркутске (Россия). В лекции приведены примеры успешной диагностики ряда глобальных ионосферных процессов, выполненной в РИНАН Украины в содружестве с коллегами из ИСЗФ СО РАН, университетов городов Тромсё (Норвегия) и Лагос (Нигерия).

The potential of the global diagnostics of the ionosphere using signals from broadcast radios and special-purpose transmitters and multiposition HF receiving systems. The effect of large-scale ionospheric formations on HF radio wave propagation leads to variations of the signal trajectory parameters at direct radio paths and appearance of additional spatial modes characterized by significant deviations from the great-circle arc. The main informative parameters for solving the problem of radio sounding of the ionosphere are angles of arrival, Doppler frequency shift and group time delay (in the case of pulsed transmission) of the probe signals. At present, an Internet-controllable network of digital receivers located in Ukraine, Antarctica, Northern Scandinavia, at Spitsbergen Archipelago, in Lagos (Nigeria), Jacamars (Peru) and Irkutsk (Russia). In the lecture, examples are presented of successful diagnostics of a number of global ionospheric processes which have been carried out by the IRA NASU (Kharkov, Ukraine) in cooperation with colleagues from the ISTP SB RAS and Universities of Tromso (Norway) and Lagos (Nigeria).

ДОЛГОВРЕМЕННЫЕ ВАРИАЦИИ ИНТЕНСИВНОСТИ ГАЛАКТИЧЕСКИХ КОСМИЧЕСКИХ ЛУЧЕЙ В ГЕЛИОСФЕРЕ (ОСНОВНЫЕ НАБЛЮДАЕМЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ, МОДЕЛИРОВАНИЕ И СТЕПЕНЬ ПОНИМАНИЯ)

М.Б. Крайнев

Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва
mkrainev46@mail.ru

LONG-TERM VARIATIONS IN INTENSITY OF GALACTIC COSMIC RAYS IN THE HELIOSPHERE (MAIN REGULARITIES, SIMULATION, AND DEGREE OF UNDERSTANDING)

M.B. Kraynev

P.N. Lebedev Physical Institute RAS, Moscow, Russia

Обсуждаются наблюдаемые проявления и степень понимания в настоящее время долговременных вариаций интенсивности галактических космических лучей (ГКЛ) – как обусловленных пятнообразовательной солнечной активностью (пятенный цикл), так и обусловленных изменением напряженности и полярности высокоширотных магнитных полей Солнца (магнитный цикл).

Последовательно прослеживается развитие обоих циклов на Солнце, в гелиосферных характеристиках и в интенсивности ГКЛ.

Выделяются основные наблюдательные закономерности и методы и результаты их интерпретации как в нормальном для второй половины 20-го века периоде солнечной активности (~1980–2000 гг.), так и в аномальную эпоху пониженной активности Солнца (2000–2013 гг.). В лекции будут широко использованы методы и результаты, разработанные и полученные автором в течение последних ~30 лет и особенно в последние годы.

ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ИОНОСФЕРЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН

С.И. Козлов, А.Н. Ляхов

Институт динамики геосфер РАН, Москва, Россия
s_kozlov@inbox.ru

PROBABILISTIC IONOSPHERE MODELS FOR RADIO WAVES PROPAGATION

S.I. Kozlov, A.N. Lyakhov

Institute for Dynamics of Geospheres RAS, Moscow, Russia

Все ионосферные модели на сегодня делятся на исследовательские, с помощью которых пытаются получить новые знания о поведении среды, о физических механизмах, отвечающих за процессы развития возмущений, или уточняют существующие представления, и прикладные, предназначенные для решения в первую очередь задач распространения радиоволн широкого диапазона частот.

Прикладные модели классифицируются по двум признакам: по методам их построения – теоретические, полуэмпирические, эмпирические; по своей физической сущности – детерминированные или стохастические. К последнему классу относится и предлагаемая схема вероятностно-статистического моделирования.

При построении таких моделей исходят из постулата, что ионосфера представляет собой нерегулярную, непрерывно изменяющуюся среду, причем изменения происходят на самых разных пространственно-временных масштабах – как разрешаемых прямыми средствами измерений, так и недоступных для наблюдений *in situ*, но воздействующих на распространение радиоволн.

В рамках вероятностно-статистического подхода модель ионосферы объединяет моделирование пространственных случайных полей радиофизических параметров среды (с определенными из экспериментальных данных корреляционными параметрами) и моделирование распространения радиоволн выбранного частотного диапазона. Выходными параметрами модели являются плотности вероятности заданных радиофизических характеристик.

В лекции обсуждаются разные подходы к моделированию случайных полей ионосферных параметров – строго стохастический и детерминированно-стохастический, включающий расчетно-теоретическое ядро модели. Обсуждаются подходы к оценке сходимости решения.

В качестве примера стохастического подхода рассматривается успешное построение модели загоризонтной радиолокации. Детерминированно-стохастический подход иллюстрируется моделью нижней ионосферы Земли для расчета распространения СДВ-/ДВ-радиоволн на длинных трассах.

В заключение сформулированы основные нерешенные задачи и направления развития рассматриваемого подхода к моделированию ионосферы.

Up to date the ionospheric models can be divided into research codes, implemented for the investigation of the physical processes in the ionosphere and applied models, which are mainly developed for the forecast of radiowaves propagation in various frequency range.

The applied models can be separated into various classes under the following features: principles of implementation (theoretical, semi-empirical, empirical); physical background (deterministic or stochastic). The proposed scheme of the probabilistic ionosphere simulation belongs to the last class.

The implementation starts from the postulate that the ionosphere is an irregular, non-stationary media with wide spatial and temporal spectra of processes. Only some spatio-temporal scales can be resolved by the up-to-date in-

struments, more are unobservable in direct measurements but are responsible for various effects in radiowaves propagation.

Under the probabilistic approach the ionospheric model includes the simulation of spatial random fields of certain parameters using existing evidence for the setup of correlation parameters and the calculation of radiowaves propagation in the given frequency range. On output we receive the probability density functions for the required radio-physics values.

We discuss various attempts to the simulation of random fields of ionospheric parameters, namely pure stochastic and with deterministic numerical core, as well as the convergence detection criteria.

As an example we consider the successful implementation of the probabilistic ionosphere model in the stochastic framework for the over-the-horizon radar. Deterministic-stochastic approach is illustrated by the lower ionosphere model for VLF-LF propagation on the long paths.

In conclusion the main unsolved problems are formulated and further prospects of the probabilistic ionosphere simulation are discussed.

КЛИМАТИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ДИНАМИКИ СТРАТОСФЕРЫ, НАБЛЮДАЕМАЯ В ПОСЛЕДНИЕ ДЕСЯТИЛЕТИЯ

А.И. Погорельцев

Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург, Россия
apogor@rshu.ru

CLIMATIC VARIABILITY OF THE STRATOSPHERIC DYNAMICS OBSERVED DURING THE LAST DECADES

A.I. Pogoreltsev

Russian State Hydrometeorological University, Saint-Petersburg, Russia

Данные UK Met Office были использованы для исследования изменений, наблюдаемых в крупномасштабной динамике зимней стратосферы Северного полушария. Были рассчитаны усредненные за первые (1992–2001 гг.) и последующие (2002–2011 гг.) десять лет распределения метеорологических полей. Затем были рассчитаны изменения, наблюдаемые в среднем потоке и в амплитуде стационарной планетарной волны с зональным волновым числом один (СПВ1), усредненных за все зимние месяцы (декабрь–февраль). Полученные результаты показывают, что наблюдается ослабление среднего потока от первого десятилетия ко второму, однако статистическая значимость этих изменений низкая. В то же время имеется существенное усиление внутрисезонной изменчивости среднего потока и статистическая значимость наблюдаемого изменения на средних широтах достаточно высокая (95 %). Изменения в амплитудах СПВ1, усредненных за зимние месяцы, имеют противоположный знак в нижней (наблюдается уменьшение амплитуд волны) и верхней (наблюдается усиление волновой активности) стратосфере, и усиление внутрисезонной изменчивости амплитуды СПВ1 в верхней стратосфере статистически значимо (около 90 %). Полученные результаты позволяют предположить, что изменения среднего потока, наблюдаемые в последние десятилетия, в начале и в конце зимы имеют противоположный знак. Чтобы проверить наше предположение, были рассчитаны распределения метеорологических полей, усредненные за десять первых и десять последующих лет для каждого месяца в отдельности, и сделаны оценки наблюдаемых изменений. Полученные результаты показали, что наиболее существенные изменения наблюдаются на средних широтах в верхней стратосфере в декабре. Так, например, амплитуда СПВ1 в декабре усилилась с фактором примерно 1.5. В январе наблюдается ослабление СПВ с максимальными изменениями на средних широтах вблизи 40 км, и в феврале наблюдаемые изменения незначительны. Чтобы понять возможные причины усиления СПВ1 в декабре, нижние граничные условия и условия распространения СПВ1 были проанализированы. Результаты численного моделирования показали, что вклад этих двух факторов сопоставим, и было высказано предположение, что изменения нижних граничных условий могут быть связаны с различными фазами декадных колебаний температуры Тихого океана. Анализ внутрисезонной изменчивости температуры и среднего потока позволил предположить, что причиной роста амплитуды СПВ1 в декабре является охлаждение нижней стратосферы высоких широт, которое наблюдается в последние десятилетия. Это охлаждение приводит к усилению среднего потока в нижней стратосфере. В результате волновод между тропосферой и стратосферой становится более широким и СПВ1 распространяется в верхнюю стратосферу более эффективно. Рассчитанная изменчивость потока волновой активности в течение зимних месяцев поддерживает высказанное предположение. В самом деле, в середине декабря имеется существенное увеличение вертикальной компоненты этого потока из нижней стратосферы в верхнюю. Отмечено, что изменения, наблюдаемые в стратосферной динамике в последующие месяцы, вызваны изменениями в декабре. Рост амплитуды СПВ1 в начале зимы ведет к нагреванию полярной стратосферы и ослаблению полярного вихря в январе. Условия распространения СПВ ухудшаются, и мы наблюдаем спокойную, без существенной активности планетарных волн, стратосферу в январе и даже в феврале. Обсуждается вопрос, какие процессы могут быть ответственны за охлаждение полярной стратосферы, наблюдаемое в декабре. Высказывается предположение, что ослабление амплитуды

СПВ2 (стационарной планетарной волны с зональным волновым числом два), наблюдаемое в последние десятилетия, может быть причиной низких температур полярной нижней стратосферы.

To investigate the changes observed during two latest decades in the large-scale dynamics of the winter stratosphere in the Northern Hemisphere, the UK Met Office data were used. The composites of the meteorological fields averaged over the first (1992–2001) and second (2002–2011) ten years were calculated. The observed changes of the mean flow and amplitude of stationary planetary wave with zonal wave number one (SPW1) averaged over all winter months (December–February) have been calculated. The results obtained show a decrease of the mean flow from the first decade to the second one is observed, however, these changes are statistically insignificant. On the other hand there is a substantial increase in the intraseasonal variability of the mean flow and the statistical significance of observed change at the middle latitudes is high (95 %). The changes in amplitudes of SPW1 averaged over winter months have an opposite sign in the lower (where a weakening of wave amplitude is observed) and in the upper (where a strengthening of wave activity is observed) stratosphere and an increase in intraseasonal variability of SPW1 amplitude in the upper stratosphere is statistically significant (of about 90 %). Results obtained allow us to suppose that changes of the mean flow have an opposite sign at the beginning and at the end of winter during the last decades. To prove this assumption the composites for each winter month were calculated separately and the estimations of observed changes have been performed. The results obtained show that the most significant changes are observed at the middle latitudes in the upper stratosphere in December. For instance, the SPW1 amplitude increases in December with the factor of about 1.5. In January the weakening of the SPW1 is observed with the maximum of changes at the middle latitudes near 40 km and in February the observed changes are insignificant. To understand possible reasons of the observed increase of the SPW1 amplitude in December, the lower boundary and propagation conditions of this wave have been analyzed. The results of numerical simulation show that the contributions of these two factors are comparable and it was suggested that changes of the lower boundary conditions can be connected with the different phases of the Pacific Decadal Oscillation. Analysis of intraseasonal variability of the temperature and mean flow allows us to suggest that the reason of an increase of the SPW1 amplitude in the upper stratosphere in December is the cooling of the lower stratosphere at high latitudes that is observed during the last decades. This cooling leads to an increase in the intensity of the mean flow in the lower stratosphere. In result the wave-guide between the troposphere and stratosphere becomes wider and SPW1 propagates into the upper stratosphere more effectively. Calculated variability of wave-activity flux during winter months supports this suggestion. Indeed, in the middle of December there is a substantial increase of the vertical component of this flux from the lower into the upper stratosphere. It is noted that the changes observed in the stratospheric dynamics during the following months are caused by the changes observed in December. An increase in the SPW1 amplitude at the beginning of winter leads to the heating of the polar stratosphere and weakening of the polar vortex in January. Propagation conditions for SPW become unfavorable and we observe quite stratosphere without a substantial activity of planetary waves during January and even in February. The question what processes can be responsible for the observed decrease of high latitude temperature of the polar lower stratosphere in December is discussed. The suggestion that decrease of the amplitude of the SPW2 (planetary wave with zonal wave number two) observed during the last decades can lead to the observed low temperature of the polar lower stratosphere is made.

МЕТОДЫ ОПИСАНИЯ ПОЛЯ ИОНОСФЕРНОЙ ВОЛНЫ И ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛА ПРИ ДИАГНОСТИКЕ НЕОДНОРОДНОЙ ИОНОСФЕРЫ

М.В. Тинин

Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия
mtinin@api.isu.ru

IONOSPHERIC WAVE FIELD DESCRIPTION METHODS AND SPATIAL PROCESSING OF SIGNALS IN DIAGNOSTICS OF INHOMOGENEOUS IONOSPHERE

M.V. Tinin

Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

С помощью метода двойного взвешенного преобразования Фурье (ДВПФ) можно описать распространение сигнала в неоднородной ионосфере с учетом дифракционных эффектов различного типа. Кроме того, на базе ДВПФ можно создать алгоритмы пространственной обработки сигнала, оптимальные с точки зрения помехоустойчивости и повышения разрешения средств диагностики неоднородных сред. Мы исследуем возможности дальнейшего развития методов на основе ДВПФ для решения двух задач ионосферного распространения радиоволн:

- 1) обобщение приближения фазового экрана для протяженной неоднородной среды;
- 2) отражение волн от ионосферных слоев со случайными неоднородностями.

Обобщение приближения фазового экрана

Пусть неоднородная среда находится между плоскостями с источником и приемником. В отсутствие отражения в крупномасштабной неоднородной среде рассеяние происходит в основном вперед. В этом случае при решении волнового уравнения мы можем использовать малоугловое (параксиальное) приближение и

свести это уравнение к параболическому уравнению. Решая параболическое уравнение с использованием метода ДВПФ, получаем выражение для поля, рассеянного удаленной неоднородностью, в виде обобщенного метода фазового экрана. Теперь, если неоднородность находится вдали от источника и наблюдателя, мы можем использовать однократное интегрирование, а не двойное, присущее методу ДВПФ. Соответствующая пространственная обработка позволяет повысить разрешение измерений вневзятых источников. В отличие от обычной инверсии Френеля, предлагаемый подход, контролируя изменения вариаций амплитуды, позволяет нам для диагностики ионосферных неоднородностей выбрать параметры квазиоптимального виртуального экрана.

Отражение волн от ионосферного слоя со случайными неоднородностями

Чтобы решить проблему отражения волн от ионосферного слоя со случайными неоднородностями, мы применяем метод собственного времени Фока, в котором волновое уравнение сводится к параболическому уравнению. Для решения последнего с учетом дифракции Френеля на случайных неоднородностях, расположенных в непосредственной окрестности точки поворота, мы используем ДВПФ. Для неоднородной среды с линейным профилем диэлектрической проницаемости результаты этого асимптотического метода совпадают со строгими результатами. Для сигналов, отраженных от случайно-неоднородных слоев, мы выводим формулу, которая позволяет исследовать различные статистические моменты. Кроме того, полученные результаты могут быть использованы для разработки алгоритмов пространственной обработки сигналов со сверхфренелевским разрешением в условиях многолучевого распространения и сильных мерцаний.

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ВЛИЯНИЯ 11-ЛЕТНЕГО ЦИКЛА СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ НА КЛИМАТ ВОСТОЧНО-АЗИАТСКОГО РЕГИОНА В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

Чэнь Вэнь, Цюнь Чжоу

Институт физики атмосферы, Китайская академия наук, Пекин, Китай
cw@post.iap.ac.cn

PHYSICAL PROCESSES OF THE INFLUENCE OF 11-YEAR SOLAR CYCLE ON THE EAST ASIAN WINTER CLIMATE

Chen Wen, Qun Zhou

Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China

In this talk, the influence of 11-year solar cycle on the East Asian (EA) winter climate is presented. Previous studies indicated that the El Niño-Southern Oscillation (ENSO) and the Arctic Oscillation (AO) are important factors for the EA climate anomalies. Our recent works reveal that both the relations of EA climate to the ENSO and AO are modulated by the 11-year solar cycle.

The results indicate that the ENSO and East Asian climate relationship is robust and significant during winters with low solar (LS) activity, with evident warming in the lower troposphere over East Asia, which can be closely linked to the decreased pressure gradient between the cold Eurasian continent and the warm Pacific. Moreover, during the LS and El Niño winters there is a typical rainfall response in Southeast Asia, with wet conditions over South China and dry conditions over the Philippines, Borneo, Celebes, and Sulawesi, which can be explained by the anticyclone over the western North Pacific. However, during high solar (HS) activity winters, both the surface temperature and rainfall anomalies are much less closely associated with ENSO.

On the other hand, during winters with high solar activity (HS), robust warming appeared in northern Asia in response to a positive AO phase. This result corresponded to an enhanced anticyclonic flow at 850 hPa over north-eastern Asia and a weakened East Asian trough at 500 hPa, which implies that the cold waves affecting East Asia were relatively inactive. However, during winters with low solar activity (LS), both the surface warming and the intensities of the anticyclonic flow and the East Asian trough were much less in the presence of a positive AO phase.

The related physical processes will be presented, too.