

**ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ****ЛЕКЦИИ****ДИНАМИКА НЕОДНОМЕРНЫХ НЕЛИНЕЙНЫХ ВОЛНОВЫХ СТРУКТУР  
СОЛИТОННОГО И ВИХРЕВОГО ТИПОВ В КОМПЛЕКСНЫХ СРЕДАХ С ДИСПЕРСИЕЙ.  
ТЕОРИЯ, МОДЕЛИРОВАНИЕ, ПРИЛОЖЕНИЯ****В.Ю. Белашов**Казанский государственный энергетический университет, Казань, Россия  
v\_belashov@yahoo.com**DYNAMICS OF MULTIDIMENSIONAL NONLINEAR WAVE STRUCTURES OF THE SOLITONS  
AND VORTEX TYPES IN DISPERSIVE COMPLEX MEDIA.  
THEORY, SIMULATION, APPLICATIONS****V.Yu. Belashov**

Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia

Лекция посвящена одной из интереснейших и быстро развивающихся областей современной нелинейной физики и математики – теоретическому, аналитическому и численному исследованию структуры и динамики 2D- и 3D-солитонов и нелинейных волн, описываемых уравнениями классов Кадомцева–Петвиашвили, нестационарного уравнения Шредингера с производной нелинейного члена (уравнение DNLS), а также вихревых систем, описываемых уравнениями эйлерового типа. Особое внимание уделяется обобщениям этих уравнений, относящимся к различным комплексным физическим средам, путем учета высших дисперсионных поправок, влияния диссипации, неустойчивостей и стохастических флуктуаций соответствующих волновых полей. Материал представляет собой 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, солитонов и вихревых структур в средах с дисперсией. Наряду с детальным рассмотрением собственно теоретических аспектов, особое внимание уделено приложениям в различных областях современной физики, включая физику плазмы, гидродинамику и физику верхней атмосферы.

This lecture is devoted to a one of the most interesting and rapidly developing areas of modern nonlinear physics and mathematics – the theoretical, analytical and advanced numerical study of the structure and dynamics of two- and three-dimensional solitons and nonlinear waves described by Kadomtsev–Petviashvili, derivative nonlinear Schrodinger classes of equations and also the vortex systems described by Euler-type equations. Special attention is paid to generalizations (relevant to various complex physical media) of these equations, accounting for high-order dispersion corrections, influence of dissipation, instabilities, and stochastic fluctuations of the wave fields. 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, solitons and vortex dynamics in dispersive media. On a level with detail consideration of pure theoretical aspects, special attention is paid to the applications of the theory in different fields of modern physics including plasma physics, hydrodynamics and physics of the upper atmosphere.

**ЭВОЛЮЦИЯ ЛОКАЛЬНЫХ МАГНИТНЫХ СТРУКТУР НА СОЛНЦЕ****А.А. Головки**Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия  
golovko@iszf.irk.ru**EVOLUTION OF LOCAL MAGNETIC STRUCTURES ON THE SUN****A.A. Golovko**

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

Эволюция локальных магнитных структур – комплексов активности, активных областей, эфемерных активных областей, магнитных узлов – образует сложную перемежаемую картину магнитного поля Солнца. Параметрическая система классификации структур на основе величины их максимального магнитного потока  $F$  и времени жизни  $t$  позволила выявить главную последовательность магнитных структур. В тех случаях, когда наблюдения позволяют проследить эволюцию биполярной магнитной структуры от ее рождения до исчезновения и оценить  $F$  и  $t$ , выполняется соотношение  $\lg F = A + b \lg t$ . Если время измеряется в секундах, а магнитный поток – в веберах, то  $A=14$  и  $b=1.2$ . Другими авторами подтверждена справедливость этого соотношения для самых мелкомасштабных магнитных элементов, так что общий охватываемый диапазон составил шесть порядков величины. На таком же диапазоне установлено степенное соотношение для функции распределения вероятности. Степенное соотношение является математическим выражением самоподобия локальных магнитных структур разных масштабов и согласуется с фрактальной геометрией магнитных полей в солнечной

фотосфере. Эта концепция привлекательна компактностью описания и перспективна для исследования динамики солнечных магнито-плазменных образований на субтелескопических (~10 км) масштабах.

## **ЧАСТОТНО-УГЛОВОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ИОНОСФЕРЫ**

**В.Г. Галушко, Ю.М. Ямпольский**

Радиоастрономический институт Национальной академии наук Украины, Харьков, Украина  
galushko@rian.kharkov.ua

## **FREQUENCY-AND-ANGULAR SOUNDING OF THE IONOSPHERE**

**V.G. Galushko, Y.M. Yampolski**

Institute of Radio Astronomy, National Academy of Sciences of Ukraine, Kharkov, Ukraine

В работе представлен метод частотно-углового зондирования, который позволяет восстанавливать трехмерно-неоднородную структуру ионосферы, включая перемещающиеся ионосферные возмущения (ПИВ), по измерениям параметров ВЧ-сигналов на наклонных радиотрассах. Диагностика ПИВ осуществляется в модели волн плотности электронной концентрации, движущихся в реальном ионосферном слое, по вариациям углов прихода и доплеровского смещения частоты пробных сигналов. Обратная задача решена в спектральной области в статистическом и динамическом приближениях. Это позволяет не только определять основные параметры возмущений (амплитуда, длина волны, скорость и направление движения), но и визуализировать неоднородности плазмы. Для восстановления горизонтальных градиентов электронной концентрации дополнительно используются частотные зависимости времени группового запаздывания зондирующих сигналов. Работоспособность предложенного алгоритма проверена с помощью численного моделирования. Адекватность результатов восстановления параметров ионосферы в реальных условиях подтверждается данными одновременной диагностики ионосферы другими методами.

The paper presents the method of frequency-and-angular sounding which allows recovering 3D inhomogeneous structure of the ionosphere, including traveling ionospheric disturbances (TID), from measurements of HF signal parameters at oblique radio paths. The TIDs are reconstructed in the model of electron density waves moving through a realistic ionospheric layer using time-varying angles of arrival and Doppler frequency shifts of the probe signals. The inverse problem was solved in the spectral domain within two approaches, a statistical and a dynamic. This allows not only recovering the basic parameters of the disturbances (amplitude, wavelength and motion direction) but also visualizing this kind of plasma inhomogeneities. To measure horizontal gradients of the electron density, frequency dependences of the group time-delay of the sounding signals are used in addition. The suggested technique has been validated through computer simulations. The adequacy of recovering ionospheric parameters in field conditions is verified by data of simultaneous ionospheric diagnostics using other methods.

## **ВЛИЯНИЕ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ НА ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРОПОСФЕРЫ. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ**

**Жеребцов Г.А., Коваленко В.А.**

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

## **SOLAR ACTIVITY EFFECT ON WEATHER-CLIMATIC CHARACTERISTICS OF THE TROPOSPHERE: THE PRESENT STATE OF THE PROBLEM**

**V.A. Kovalenko, G.A. Zherebtsov**

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

Обсуждаются вопросы, которые имеют первостепенное значение для понимания природы климатических изменений в 20 веке, и основные физические процессы, ответственные за эти изменения. Рассматривается возможная роль солнечной активности в изменении климата на Земле. Показано, что физические механизмы, с помощью которых можно объяснить влияние солнечной переменности на погоду и климат, сводятся к регулированию потока энергии, уходящего от Земли в космос в высокоширотных областях. Рассмотрены особенности отклика теплового и динамического режимов Мирового океана и атмосферы на изменения в полярных областях. Обсуждаются закономерности долговременных изменений количества осадков за 1979–2007 гг. и их связь с геомагнитной активностью.

Problems of primary significance for understanding the nature of climate changing in 20 century and principal physical processes responsible for these changes are discussed. The possible role of solar activity in the Earth's climate changing is considered. Physical mechanisms for explaining the influence of solar activity on weather and climate come to regulation of the energy flux outgoing from the Earth to space at high latitudes. The peculiarities of the response of thermal and dynamic regimes of the ocean and atmosphere to changes in polar regions are considered. Regularities of long-term variations in amount of atmospheric precipitations over 1979–2007 as well as their correlations with geomagnetic activity are also under discussion.

## САМООРГАНИЗАЦИЯ И НЕЛОКАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ТУРБУЛЕНТНЫХ ТЕЧЕНИЙ

С.С. Зилитинкевич

Хельсинский университет, отделение атмосферных наук, Финляндия  
Институт физики атмосферы РАН имени А.М. Обухова, Москва, Россия  
sergej.zilitinkevich@fmi.fi

### SELF-ORGANISATION AND NON-LOCAL FEATURES OF GEOPHYSICAL TURBULENT FLOWS

S.S. Zilitinkevich

Division of Atmospheric Sciences, University of Helsinki, Finland  
A.M. Obukhov Institute of Atmospheric Physics, Russian Academy of Sciences, Moscow

Согласно классической парадигме, турбулентное течение рассматривается как суперпозиция организованного среднего движения и хаотической турбулентности, характеризующейся прямым каскадом энергии (от больших вихрей к меньшим), а инструментами моделирования служат турбулентные замыкания, основанные на концепции градиентного переноса, и локальные законы сопротивления и тепло/массообмена. Этот традиционный подход хорошо работает в применении к нейтральным и слабостратифицированным течениям, но при очень устойчивой и особенно неустойчивой стратификации сталкивается с непреодолимыми трудностями. Геофизические течения, подверженные влиянию стратификации плотности и вращения Земли, почти всегда включают особый тип хаотических движений – с обратным каскадом энергии. Последние приводят к самоорганизации в форме вторичных циркуляций, сосуществующих с обычным средним течением, и порождают нелокальные механизмы переноса энергии и вещества. При устойчивой стратификации, типичной для верхней атмосферы, турбулентность существенно взаимодействует с внутренними волнами. Обсуждаются примеры неприменимости классической парадигмы, и предложена альтернативная парадигма, включающая обратный каскад, организованные структуры и взаимодействия волн с турбулентностью. На ее основе пересматриваются законы тепло/массообмена, турбулентные замыкания, и другие практические аспекты моделирования геофизической турбулентности.

The classical paradigm of the theory of turbulence states that turbulent flow can be considered as a superposition of the fully organized mean motion and fully chaotic turbulence characterized by the forward energy cascade. Accordingly, common tools for modeling geophysical flows are: turbulence closures based on the concept of down-gradient turbulent transport; and essentially local resistance and heat/mass transfer laws. However, in strongly stable and especially in unstable stratification they face insurmountable difficulties. Stratified geophysical flows almost always include a type of chaotic motions characterized by inverse energy cascade and led to development of self-organized, large-scale motions coexisting with usual mean flow and causing non-local effects overlooked in the classical theory. In strongly stable stratification typical of the upper atmosphere, turbulence essentially interacts with internal waves. Examples of principal failure of the classical paradigm are demonstrated, and an alternative paradigm is proposed accounting for organized structures and wave-turbulence interactions as inherent features of geophysical flows. The new paradigm serves as a basis for revision of the currently used heat/mass transfer laws, turbulence closures and other practical aspects of modeling geophysical turbulence.

## АЭРОНОМИЯ ИСКУССТВЕННО ВОЗМУЩЕННЫХ АТМОСФЕРЫ И ИОНОСФЕРЫ ЗЕМЛИ

С.И. Козлов

Институт динамики геосфер РАН, Москва, Россия  
S\_Kozlov@inbox.ru

### AERONOMY OF THE ARTIFICIALLY DISTURBED ATMOSPHERE AND IONOSPHERE

S.I. Kozlov

Institute for Dynamics of Geospheres RAS, Moscow, Russia

Детально рассматриваются проблемы исследования аэрномии искусственно возмущенных атмосферы и ионосферы Земли. Это рассмотрение включает:

1) краткий анализ воздействия различных источников возмущения на околоземную среду, как специально создаваемых для этой цели – мощных радиоволн, инъекции зараженных частиц (электронов, плазмы), взрывов химических взрывчатых веществ, выбросов химически активных веществ, искусственных метеоров, так и обусловленных многообразной производственной, оборонной и другой деятельностью человечества – непрерывных выбросов CO<sub>2</sub>, ядерных взрывов, запусков ракет, полетов самолетов, инъекции фреонов, входом в атмосферу КА и т. д.;

2) классификацию аэрномических задач на основе такого анализа – «холодная» среда с повышенным уровнем ионизации, среда в условиях разогрева электронного газа, среда в условиях изменения малых составляющих воздуха, среда в условиях изменения температуры и плотности воздуха;

3) обсуждение основных особенностей исследования: учет специфики воздействия источников, неравно-

весности среды, существенных изменений в химическом составе воздуха, необходимости поиска новых реакций и рассмотрения задач класса IV с других позиций;

4) анализ решений ряда задач по аэронамии, относящихся к разным классам;

5) основные выводы и определение наиболее перспективных направлений дальнейших работ.

We consider in detail the up-to-date problems of the aeronomy of the artificially disturbed atmosphere and ionosphere. The lecture includes:

1) The brief review of impact on the medium from various sources, special (powerful radio waves, injection of charged particles (electrons and ions), chemical explosions, release of chemical agents, artificial meteors) as well as from the other human activities (CO<sub>2</sub> emission, nuclear tests, missile launches, chemtrails etc.);

2) The elaboration of the taxonomy tree for aeronomy problems – “cold” medium with enhanced ionization, medium under the electron gas heating, medium under the variation of the neutral minor constituents, medium under the change of the neutral temperature and density;

3) The discussion of the main peculiarities in the study of aeronomy, how to take into account the certain properties of any source of disturbance, nonequilibrium state of the medium, significant change of the air composition, the requirements for the seeking of the new chemical reactions. The analysis of the solution for a number of aeronomy problems is given in detail. We finalize the lecture with the description of the most promising directions for future work.

## **НИЗКОЧАСТОТНЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ В ОКОЛОЗЕМНОМ ПРОСТРАНСТВЕ**

**А.В. Колосков, Ю.М. Ямпольский**

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

## **LOW-FREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELDS IN THE NEAR-EARTH SPACE**

**A.V. Koloskov, Yu.M. Yampolsky**

Institute of Radio Astronomy NAS of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

В лекции проанализированы основные природные и антропогенные факторы, формирующие электромагнитное окружение Земли в ультранизкочастотном (УНЧ) и сверхнизкочастотном (СНЧ) диапазонах. Рассмотрены глобальные электромагнитные резонансы: шумановский (ШП) и ионосферный альфвеновский (ИАР). Продемонстрирована связь УНЧ-СНЧ-сигналов с мировой грозовой активностью, и описан метод восстановления активности грозовых центров по данным мониторинга сигналов в диапазоне ШП. Изучены морфологические особенности сигналов ИАР, показана их связь с локальным значением критической частоты ионосферы и предложена методика оценки ее величины по измерениям собственных частот ИАР. Исследованы основные источники УНЧ-СНЧ-сигналов техногенной природы. Приведены результаты мониторинга сигналов промышленных энергосетей на сверхдальних расстояниях. Обсуждается возможность использования этих данных для контроля уровня электромагнитного загрязнения в СНЧ-диапазоне.

In the lecture the basic natural and anthropogenic factors that form the Earth's electromagnetic environment in the ultra low (ULF) and extremely low frequency (ELF) ranges are analyzed. The global electromagnetic resonances, namely, Schumman (SR) and Ionospheric Alfvén (IAR) are considered. The relationship between ULF/ELF signals and the global thunderstorm activity is shown, and a technique is presented for restoration of the thunderstorm center activity from monitoring of SR signals. Morphological features of IAR signals and their relation to local magnitude of the critical frequency of the ionosphere are analyzed. A technique of estimating the critical frequency of the ionosphere from measured eigenfrequencies of the IAR is suggested. The main sources of ULF/ELF signals of technogenic nature are investigated. Results of the super-long range monitoring of signals from power mains are presented. The possibility of using these data to monitor the level of electromagnetic pollution in the ELF range is discussed.

## **ВЛИЯНИЕ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ НА КЛИМАТ: ВОЗМОЖНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ**

**И.И. Мохов, А.В. Елисеев**

Институт физики атмосфер им. А.М. Обухова РАН, Москва, Россия  
mokhov@ifaran.ru

## **IMPACT OF SOLAR ACTIVITY ON CLIMATE: POSSIBLE MECHANISMS AND MODELLING RESULTS**

**I.I. Mokhov, A.V. Eliseev**

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

Анализируются механизмы воздействия солнечной активности на климат и их вклад в климатические вариации в последних столетиях и XXI веке. По современным оценкам, вклад радиационного возмущающего воздействия (РВВ) из-за интегрального по спектру изменения потока солнечной радиации в

климатические изменения последних десятилетий относительно мал. Приводятся оценки его вклада в климатические вариации XXI века относительно РВВ, связанного с антропогенным воздействием на климат. В ряде атмосферных моделей учитывается косвенный механизм климатического воздействия солнечной активности, связанный с влиянием ультрафиолетового излучения и потока энергетических частиц на содержание О<sub>3</sub> в атмосфере с развитием соответствующего РВВ. Еще один косвенный механизм связан с возможным влиянием космических лучей, поток которых модулируется солнечным ветром, на число ядер конденсации в атмосфере и, следовательно, на характеристики облачности.

Mechanisms of influence of solar activity on climate and their contribution to climate changes during last centuries and in the 21st century are analyzed. According to the present-day estimates, contribution of radiative forcing (RF) due to change in total solar irradiance is small for the century climate variations of recent decades. In addition, estimates of its role in climate changes expected in the 21st century relative to anthropogenic forcings are shown. At present, some atmospheric models implement the mechanism related to impacts of ultraviolet radiation and energetic particles on O<sub>3</sub> in the atmosphere leading to development of the respective RF. Another indirect mechanism is due to possible impact of solar wind-modulated cosmic rays on the number of cloud condensation nuclei in the atmosphere and characteristics of cloudiness.

## **ПЛАНЕТАРНЫЕ ВОЛНЫ: РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СО СРЕДНИМ ПОТОКОМ**

**А.И. Погорельцев**

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

### **PLANETARY WAVES: PROPAGATION AND INTERACTION WITH A MEAN FLOW**

**A. Pogoreltsev**

Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg, Russia

Анализ наблюдений показывает сильную изменчивость амплитуд стационарных планетарных волн (СПВ) в течение зимних месяцев в Северном полушарии. С использованием численной модели общей циркуляции исследован нелинейный отклик стратосферной динамики на усиление амплитуд СПВ на нижней границе. Полученные результаты показывают, что нелинейные взаимодействия волна–волна и волна – средний поток приводят к насыщению СПВ1 (планетарная волна с зональным волновым числом, равным 1). Дальнейшее увеличение амплитуды СПВ1 на нижней границе приводит к существенному изменению среднего потока в нижней стратосфере, что ограничивает вертикальное проникновение этой волны в стратосферу. В результате амплитуда СПВ1 в верхней стратосфере и мезосфере становится даже меньше по сравнению со слабым возбуждением. Анализ чувствительности СПВ2 в стратосфере к усилению возбуждения на нижней границе показывает, что в этом случае отклик является почти линейным, по крайней мере, для реально наблюдаемых амплитуд СПВ2. Кратко обсуждаются возможные применения полученных результатов к проблемам внезапных стратосферных потеплений, стратосферных васцилляций и весенней перестройки.

The analysis of observations shows that there exists a strong variability of stationary planetary wave (SPW) amplitudes during winter-time in the Northern hemisphere. Using a numerical model of the general circulation, the nonlinear response of the stratospheric dynamics to an increase of the SPW amplitudes at the lower boundary is investigated. The results obtained show that nonlinear wave-wave and wave-mean flow interactions lead to the saturation of the SPW1 (planetary wave with zonal wave number one). Further increase of the SPW1 forcing at the lower boundary caused a substantial change of the mean flow in the lower stratosphere that limit the vertical penetration of this wave into the stratosphere. In result the SPW1 amplitude in the upper stratosphere and mesosphere becomes even smaller in comparison with case of a weak forcing. The analysis of the SPW2 sensitivity in the stratosphere to an increase of the lower boundary forcing shows that in this case the response is approximately linear at least for the realistic (observed) SPW2 amplitudes. A possible application of the results obtained to the problems of the sudden stratospheric warmings, stratospheric vacillations, and spring-time transition is shortly discussed.

## **СОВРЕМЕННЫЙ ТЕЛЕСКОП**

**В.Г. Сурдин**

Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга, Москва, Россия  
vsurdin@gmail.com

### **MODERN TELESCOPE**

**V.G. Surdin**

Sternberg State Astronomical Institute, Moscow, Russia

Эволюция астрономических приборов и телескопа как важнейшего из них подобна эволюции биосферы: зародившись как простейший универсальный инструмент, телескоп за 400 лет эволюции мутировал и, раз-

виваясь в разных направлениях, дал множество узкоспециализированных типов, нацеленных на решение разнообразных задач. Престиж национальной астрономии измеряется, прежде всего, количеством и качеством имеющихся у страны телескопов. Несмотря на развитие методов компьютерного моделирования и коммуникации (виртуальные телескопы и т. п.), без арсенала современных телескопов, установленных в лучших местах Земли и на орбите, любая национальная астрономия обречена на прозябание. В докладе сделан обзор популяции телескопов и намечены направления их эволюции в ближайшие годы.

## **ВЫСОКОТОЧНЫЕ СПЕКТРОПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ НА БСВТ**

**Н.М. Фирстова, В.И. Поляков**

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

## **HIGH-ACCURACY SPECTROPOLARIMETRIC MEASURING OF SOLAR FORMATIONS AT LARGE SOLAR VACUUM TELESCOPE**

**N.M. Firstova, V.I. Polyakov**

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

Лекция посвящена описанию спектрополяриметрических наблюдений на Большом солнечном вакуумном телескопе (БСВТ). Разрешающая способность спектрографа 600000–700000 в рабочих порядках соответствует критерию высокодисперсионных спектрографов. Комплекс телескоп–спектрограф имеет теоретическое пространственное разрешение выше 0.4", что позволяет использовать его для наблюдений солнечных тонкоструктурных образований. Регистрация спектров производится одновременно с получением монохроматического изображения Солнца в линии H $\alpha$  с помощью ПЗС-камер.

На БСВТ с помощью спектрополяриметрических наблюдений проводится исследование способа нагрева хромосферы во время солнечных вспышек с целью понимания механизма передачи энергии в хромосферу из короны, где расположен источник энергии во время вспышки, и роли ускоренных частиц в этом процессе.

Оснащение БСВТ новой крупногабаритной ПЗС-камерой, позволяющей использовать второе камерное зеркало для работы в двух спектральных областях, дает возможность одновременно получать параметры Стокса на двух уровнях солнечной атмосферы, т. е. одновременно исследовать излучение и поляризацию спектральных линий в хромосфере во время вспышки и поведение магнитных полей в фотосфере.

## **ВЫСОКОТОЧНЫЕ МОНОТОННЫЕ СХЕМЫ ДЛЯ УРАВНЕНИЙ ГИПЕРБОЛИЧЕСКОГО ТИПА И НЕКОТОРЫЕ ИХ ПРИЛОЖЕНИЯ**

<sup>1,2</sup>**А.С. Холодов**

<sup>1</sup> Институт автоматизации проектирования РАН, Москва, Россия  
<sup>2</sup> Московский физико-технический институт, Москва, Россия

## **HIGH-PRECISION MONOTONIC SCHEMES FOR HYPERBOLIC TYPE EQUATIONS AND SOME APPLICATIONS OF THEM**

<sup>1,2</sup>**A.S. Kholodov**

<sup>1</sup> Institute of Computer Aided Design RAS, Moscow, Russia  
<sup>2</sup> Moscow Institute of Physics and Technology, Moscow, Russia

В докладе на основе анализа разностных схем в пространствах неопределенных коэффициентов и сеточных функций для уравнений гиперболического типа рассматриваются разностные схемы, обладающие свойствами монотонности по Фридрихсу, Годунову, Хартену (TVD-схемы) и Ван Лиру.

Ранее сформулированные для явных двухслойных разностных схем и широко распространенные при численном решении уравнений гиперболического типа критерии монотонности Годунова, TVD–Хартена, характеристический (Ван Лира) обобщены на случай многослойных, в том числе неявных сеточных шаблонов.

На основе анализа разностных схем в пространстве сеточных функций и характеристического критерия монотонности предлагается универсальный алгоритм построения нелинейных, монотонных при произвольном виде искомого решения схем высокого порядка аппроксимации. Предложен ряд новых монотонных разностных схем 4-3 порядка аппроксимации на трехслойном компактном сеточном шаблоне и на нерасширяющихся (трехточечных) сеточных шаблонах для продолженной системы, что позволяет обеспечить монотонность разностных схем как для искомой функции, так и для ее производных.

Приводятся результаты тестирования предложенных разностных схем и решения ряда прикладных задач, рассматриваются некоторые вопросы обобщения предлагаемых монотонных схем на случай многомерных гиперболических систем уравнений.

**ЧТО ТАКОЕ КОСМИЧЕСКАЯ ТЕМНАЯ ЭНЕРГИЯ?****А.Д. Чернин**Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга  
arthur.chernin@gmail.com**WHAT COSMIC DARK ENERGY IS?****A.D. Chernin**

Sternberg State Astronomical Institute, Moscow, Russia

Темная энергия открыта в астрономических наблюдениях на предельно больших расстояниях вблизи горизонта мира. Но она присутствует всюду в пространстве, и в нее погружены все тела природы. Темная энергия создает всемирное антитяготение: она заставляет погруженные в нее тела отталкиваться друг от друга. При этом оказывается, что всемирное антитяготение сильнее всемирного тяготения в масштабе всей Вселенной. Антитяготение темной энергии преобладает над тяготением обычного вещества также и на локальных расстояниях в близких окрестностях нашей Галактики. Физическая природа и микроскопическая структура темной энергии неизвестны – это одна из самых острых проблем фундаментальной физики и астрономии.

**ОПТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕНТГЕНОВСКИХ ДВОЙНЫХ СИСТЕМ****А.М. Черепашук**

Государственный астрономический институт им. П.К.Штернберга, Москва

**OPTICAL INVESTIGATIONS INTO X-RAY BINARY SYSTEMS****A.M. Cherepashchuk**

Sternberg State Astronomical Institute, Moscow, Russia

Оптические исследования рентгеновских двойных систем важны для определения масс черных дыр. Рентгеновская двойная система состоит из нормальной оптической звезды и релятивистского объекта – нейтронной звезды или черной дыры, – находящегося в режиме аккреции вещества, поставляемого оптическим спутником. Рентгеновские наблюдения с космических аппаратов и наземные оптические наблюдения рентгеновских двойных систем прекрасно дополняют друг друга. Рентгеновские наблюдения позволяют делать качественный вывод о наличии релятивистского объекта в системе и по быстрой переменности рентгеновского потока на временах до  $10^{-3}$  секунды оценивать его характерные размеры, которые не превышают нескольких сотен километров. В то же время, оптические наблюдения позволяют изучать движение оптической звезды и, используя звезду как пробное тело, определять массу релятивистского объекта. Если масса компактного рентгеновского источника превышает  $3M_{\odot}$  (абсолютный верхний предел для массы нейтронной звезды, предсказываемый ОТО Эйнштейна), этот объект может считаться кандидатом в черные дыры. К настоящему времени развиты надежные методы определения масс релятивистских объектов в двойных системах, учитывающие приливно-вращательную деформацию оптической звезды, ее прогрев рентгеновским излучением аккрецирующего релятивистского объекта, а также наличие вокруг последнего аккреционного диска. Измерены массы 26 черных дыр и 60 нейтронных звезд. Массы 60 нейтронных звезд (рентгеновских и радиопульсаров, а также рентгеновских барстеров 1-го типа) не превышают  $3M_{\odot}$  в полном согласии с ОТО. В то же время, ни один из 26 кандидатов в черные дыры ( $m > 3M_{\odot}$ ) не показывает признаков рентгеновского пульсара, радиопульсара или рентгеновского барстера 1-го типа также в полном согласии с ОТО.

Обсуждаются проблемы демографии черных дыр звездных масс: их рождение, рост и связь с другими объектами Вселенной – звездами, звездными скоплениями и галактиками. Обсуждаются также возможности проверки различных теорий гравитации по наблюдаемому распределению масс звездных черных дыр.

**ПРОБЛЕМА АСТЕРОИДНО-КОМЕТНОЙ ОПАСНОСТИ: РАБОТА ДЛЯ УЧЕНЫХ!****Б.М. Шустов**Институт астрономии РАН, Москва, Россия  
bshustov@inasan.ru**THE PROBLEM OF ASTEROID-COMET RISK: JOB FOR SCIENTISTS!****B.M. Shustov**

Institute of Astronomy RAS, Moscow, Russia

Астероидно-кометная опасность (АКО), т. е. угроза столкновения Земли с малыми телами Солнечной системы, – весьма серьезная проблема, и не только научная. На рубеже 20-го и 21-го веков произошла существенная переоценка ее значимости. Долгое время АКО была предметом изучения для узкого круга специа-

листов, но теперь она осознается гораздо более широко как комплексная глобальная проблема, стоящая перед человечеством. Причина такого драматического изменения состоит в том, что накопилась некоторая критическая масса фундаментальных знаний о населенности Солнечной системы малыми телами, о динамической и физической эволюции этого населения, в частности, о механизмах пополнения популяции опасных тел, частоте столкновений малых тел с планетами, в особенности с Землей, возможных последствиях столкновений и т. д. Астрономия – ключевая наука для решения глобальной проблемы астероидно-кометной опасности, реальность которой уже не может вызывать сомнений. Это, конечно, не основной аргумент в пользу развития астрономических исследований и поддержки распространения астрономических знаний в обществе, но он весьма конкретный.

По своей сути проблема АКО является комплексной. Выделяют следующие основные составляющие:

- обнаружение (выявление) всех опасных тел и определения их свойств;
- противодействие и уменьшение ущерба;
- кооперация в подходе к глобальной проблеме АКО.

Комплексность проблемы предполагает комплексный же подход к ее решению, затрагивающий внешнюю и внутреннюю политику, технологию в широком смысле этого слова, в том числе и военного применения, социальную сферу, науку, – в общем, многие компоненты человеческой цивилизации. Особенно велика роль и ответственность фундаментальной науки, прежде всего астрономии и геофизики.

Основная цель этой лекции – рассказать, что делается в России для решения проблемы АКО. Рассмотрены научные, технические и очень кратко политические аспекты проблемы. Описан проект комплексной программы противодействия космическим угрозам, разрабатываемый в нашей стране с активным участием астрономов и геофизиков ряда научных учреждений.

## **НАША ГАЛАКТИКА: ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ, БУДУЩЕЕ**

**Б.М. Шустов**

Институт астрономии РАН, Москва, Россия  
bshustov@inasan.ru

## **THE GALAXY: PAST, PRESENT AND FUTURE**

**B.M. Shustov**

Institute of Astronomy RAS, Moscow, Russia

В астрономическом плане и нашу Галактику, и другие галактики можно считать необъятным «всем», поскольку в этих гигантских природных лабораториях мы сталкиваемся практически с любыми известными процессами и объектами за исключением присущих самым ранним стадиям развития Вселенной. Более того, измерения функции светимости галактик в скоплениях показывают, что в галактиках, подобных Млечному Пути, содержится большая часть светящегося вещества во Вселенной. Это дает основания полагать, что сделанные для нашей Галактики выводы можно отнести ко всем «нормальным» галактикам, т. е. к большей части видимого вещества во Вселенной. Желание получить связанное и возможно более полное жизнеописание галактик реализуется в форме теорий галактической эволюции.

Пока что всеобъемлющая теория образования и эволюции Галактики не создана. Обычно рассматривают отдельные эволюционные аспекты, прежде всего основные: динамический и химический. Хотя можно говорить и о связанных (вторичных) видах эволюционных моделей: морфологической, цветовой и т. д.

В этой общей лекции прежде всего рассказывается о том, что такое наша Галактика по современным представлениям. Основное внимание уделено ее «жизненному пути». Для этого дано описание подходов к моделированию эволюции галактик, а затем с помощью выбранного конкретного метода описана эволюция нашей Галактики, начиная от самых ранних фаз и кончая очень далеким будущим, когда Галактика уже перестанет быть обособленным звездным островом Вселенной. Поскольку на тему астрофизического будущего работ мало и они начали появляться лишь в последние годы, нам кажется естественным опереться на результаты исследований, проведенных нами в Институте астрономии РАН.