

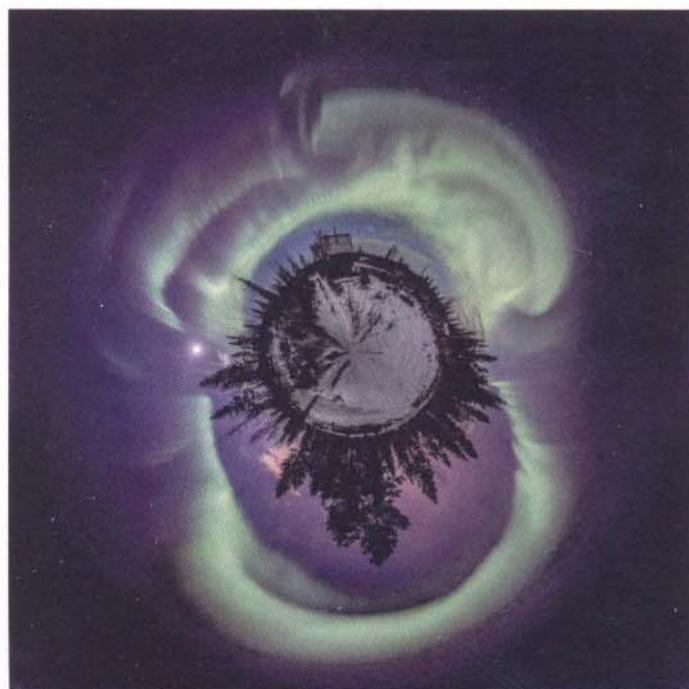
Russian Academy of Sciences

PGI -15-01-131

PHYSICS OF AURORAL PHENOMENA

38th Annual Seminar
2–6 March 2015

Abstracts



Апатиты
2015

Russian Academy of Sciences
KOLA SCIENCE CENTER
Polar Geophysical Institute

With support from:



РОССИЙСКИЙ
ФОНД
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ



Династия

PHYSICS OF AURORAL PHENOMENA

38th Annual Seminar

Abstracts

2 – 6 March 2015

Apatity

2015

The organizing committee:

Alexander Yahnin (chair)
Nadezhda Semenova
Irina Despirak

Addresses:

Apatity department
Akademgorodok, 26a
Apatity, 184209
Murmansk region
Russia

Murmansk department
Khalturina str., 15
Murmansk, 183010
Russia

The editor:

N.V. Semenova

<http://pgia.ru/seminar>

© Kola Science Center
Russian Academy of Science, 2015

CONTENTS

SESSION 1. GEOMAGNETIC STORMS AND SUBSTORMS

I.V. Despirak, A.A. Lubchich, N.G. Kleimenova	Three types of substorms depending on the solar wind and IMF conditions	11
V. Guineva, I.V. Despirak, B.V. Kozelov	Substorms observations during geomagnetic active period at the beginning of March 2012	11
T.V. Kozelova, B.V. Kozelov	Substorm injection at THEMIS satellite and near-conjugate auroral luminosity in pre-midnight sector: The case study	11
N. Nosikova, N. Yagova, V. Pilipenko, O. Kozyreva, L. Baddeley, D. Lorentzen	Isolated auroral substorms and ULF disturbances away from the auroral ovals	12
V.C. Roldugin, A.V. Roldugin	Variations of Na doublet intensity during auroral disturbances	12
A.V. Roldugin, O.I. Yagodkina, V.C. Roldugin, V.G. Vorobjev	Situation of auroral zone in May accordingly to optical observations in Lovozero	12
Ya. Sakharov, Ju. Katkalov, M. Shkarbaluk, V. Selivanov, A. Viljanen	Large GIC event on June 29, 2013 storm	12
H.A. Бархатов, С.Е. Ревунов, Д.В. Шадруков	Синхронизация скелетонных картин вейвлет спектральной обработки низкочастотных возмущений геомагнитного поля вдоль 210 меридиана как диагностический инструмент состояния магнитосферы	13
В.В. Вовченко, Е.Е. Антонова	Диамагнетизм плазмы и образование локальных уменьшений магнитного поля вблизи экваториальной плоскости	13
С.В. Громов, Л.А. Дремухина, А.Е. Левитин, Л.И. Громова	Оценка векового хода Н-компоненты главного магнитного поля Земли	14
С.В. Громов, А.Е. Левитин, Л.И. Громова, Л.А. Дремухина	Оценка распределения геомагнитной активности во время больших магнитных бурь	14
А.В. Дивин, В.С. Семенов	Моделирование динамики плазмы методом "частица-в-ячейке" с использованием суперкомпьютерных вычислений	14
Ю.Ю. Клибанова, В.В. Мишин, Б. Цэгмэд, А.В. Моисеев	Влияние наклона фронта неоднородности солнечного ветра на свойства длиннопериодных геомагнитных пульсаций во время начала магнитосферной бури	15
Б.В. Козелов	Наблюдения полярных сияний системой камер MAIN в Апатитах: текущее состояние и статистика за 2011-2014 годы	15
С.Б. Лунюшкин, А.Д. Базаржапов, О.И. Бернгардт, В.М. Мишин, М.В. Толочко	Распределение электрического потенциала в возмущённой полярной ионосфере: сравнение статистических моделей и данных отдельных интервалов суббури	16
В.В. Мишин	Неустойчивость Кельвина-Гельмгольца и Рэлея-Тейлора в солнечном ветре и на границе магнитосферы. Линейная теория	16
В.В. Мишин, М.А. Курикалова, В.М. Мишин	Динамика продольных токов в цепочке суббури во время супербури 06.04.2000	16

Б.В. Мишин, М.А. Курикалова, Ю.А. Караваев, В.М. Мишин, О.И. Бернгардт	Динамика продольных токов в ходе двух суббурь летнего и зимнего сезона и модель электрической цепи магнитосферно-ионосферной системы двух полушарий	16
--	---	----

SESSION 2. FIELDS, CURRENTS, PARTICLES IN THE MAGNETOSPHERE

I.V. Golovchanskaya, I.A. Kornilov, T.A. Kornilova	Ballooning modes in the magnetospheric plasma sheet and their auroral manifestations: A review	19
I.B. Ievenko, S.G. Parnikov	Observation of the aurorae and SAR arc dynamics during the substorm injection events	19
T.G. Kogai, I.V. Golovchanskaya, I.A. Kornilov	Polarization of ballooning perturbations in the plasma sheet conjugate to preonset East-West auroras	19
I.A. Kornilov, T.A. Kornilova	Solar wind and tail substorm activity	19
I.A. Kornilov, T.A. Kornilova	Solar wind interaction with internal magnetosphere	20
V.A. Lubchich	The deep electromagnetic sounding in the northern part of the West Siberian platform by using industrial power transmission lines	20
M.A. Volkov	The formation of two-dimensional structures of the electric field in the cold ionosphere magnetosphere plasma	20
A.C. Лаврухин	О природе продольной разности потенциалов в авроральной зоне Ганимеда	21
O.В. Мингалев, И.В. Мингалев, Х.В. Малова, М.Н. Мельник, Л.М. Зеленый	Зависимость стационарных конфигураций тонкого токового слоя с постоянной нормальной компонентой магнитного поля от внешних параметров	21
B.B. Мишин, Ю.А. Караваев, J.P. Han, C. Wang	Эффект насыщения потока Пойнтига в магнитосферу во время супербури 20 - 21 ноября 2003: сравнение результатов ТИМ и модели PPMLR	22
Н.А. Степанов, В.А. Сергеев, Д.А. Сормаков, В. Анжелопулос	Зависимость параметров центрального плазменного слоя от параметров солнечного ветра	22
С.А. Черноус, В.Ю. Жиганов	Как фотографировать полярные сияния	22

SESSION 3. WAVES, WAVE-PARTICLE INTERACTION

A.V. Artemyev, O.V. Agapitov, F.S. Mozer	Butterfly pitch-angle distribution of relativistic electrons in the outer radiation belt: Evidence of nonadiabatic scattering	25
V.B. Belakhovsky, V.A. Pilipenko	The irregular geomagnetic Pi3 pulsations and its connection with fluxes of energetic particles	25
A.G. Demekhov, U. Taubenschuss, O. Santolik	Simulation of VLF chorus emissions in the magnetosphere and comparison with THEMIS spacecraft data	25
F.Z. Feygin, N.G. Kleimenova, Yu.G. Khabazin, L.M. Malysheva	Latitude behavior of Pc1 geomagnetic pulsations in the declining and minimum of the 24-th solar activity cycle	26
I.B. Ievenko, S.G. Parnikov, V.N. Alexeyev	Pulsating auroras at the SAR arc latitudes as a result of the EMIC waves generation	26

I.A. Kornilov, T.A. Kornilova, I.V. Golovchanskaya	Wave-like auroral activities preceding substorm onset	27
J. Manninen, N.G. Kleimenova, T. Turunen	Strange VLF events at auroral latitudes	27
T.A. Popova, T.A. Yahnina, A.G. Yahnin	Conjugated observations of NOAA POES and spacecraft in the near-equatorial magnetosphere during EMIC wave events	27
N.V. Semenova, T.A. Yahnina, A.G. Yahnin	Dayside sub-oval precipitation of energetic protons: A statistical study and comparison with EMIC wave observations in the magnetosphere	28
D.R. Shklyar	Whistler-mode wave propagation and resonant interaction with energetic particles in the magnetosphere: A review	28
E.E. Titova, B.V. Kozelov, A.G. Demekhov, J. Manninen	Simultaneous observations of quasiperiodic VLF emissions by the RBSP satellites and on the ground	28
I.Y. Vasko, A.V. Artemyev, O.V. Agapitov, F. Mozer	Electron interaction with TDS in the outer radiation belt	29
M.E. Viktorov, S.V. Golubev, D.A. Mansfeld, V.V. Zaitsev	Laboratory studies of kinetic instabilities under double plasma resonance condition in a mirror-confined non-equilibrium plasma	29
T.A. Yahnina, N.V. Semenova, A.G. Yahnin	Relativistic electron precipitation: Dependence on geomagnetic activity	30
N.R. Zelinsky, N.G. Kleimenova	Chirplet transform as the useful tool for study the time-frequency structure of geomagnetic pulsations	30
Е.Н. Ермакова, А.Г. Яхнин, Т.А. Яхнина, А.Г. Демехов, Д.С. Котик	Особенности частотной зависимости поляризации многополосных пульсаций Рс1	31

SESSION 4. THE SUN, SOLAR WIND, COSMIC RAYS

A.I. Podgorny, I.M. Podgorny	Method flare current sheet search in the magnetic field obtained by MHD simulation above the active region	35
I.M. Podgorny, A.I. Podgorny	Solar cosmic ray acceleration and propagation	35
P. Stoeva, A. Stoev, S. Kuzin, B. Benev, A. Pertsov	White light solar corona during the MiniMax24 at the November 14, 2012 total solar eclipse	36
И.В. Артамонова, Н.Г. Макаренко	Сравнительный анализ барического отклика нижней атмосферы северного и южного полушарий на форбуш-понижения ГКЛ	36
Ю.В. Балабин, Б.Б. Гвоздевский, А.В. Германенко, Э.В. Ващенюк	События GLE: некоторые общие закономерности	37
Н.А. Бархатов, А.Е. Левитин, Е.А. Ревунова, А.Б. Виноградов	Магнитные облака солнечного ветра как причина высокоширотной геомагнитной активности	37
Е.А. Маурчев, Ю.В. Балабин, Б.Б. Гвоздевский	Исследование эффективности взаимодействия ионизирующего излучения вторичных КЛ с веществом атмосферы Земли	38
Д.И. Понявин	Изменение космического климата	38

Л.С. Рахманова, М.О. Рязанцева, Г.Н. Застенкер	Сопоставление одновременных измерений плазмы и магнитного поля в солнечном ветре и в магнитослое на различных расстояниях от магнитопаузы	38
---	---	----

SESSION 5. IONOSPHERE AND UPPER ATMOSPHERE

V.B. Belakhovsky, V.G. Vorobjev	The response of the nighttime aurora to the negative SI impulse	41
V.V. Demyanov, T.V. Kashkina, Yu.V. Yasyukevich	Nonstationary acceleration of GPS/GLONASS phase in the polar ionosphere	41
A.T. Karpachev, V.V. Klimenko, M.V. Klimenko, L.V. Pustovalova	Main ionospheric trough for different levels of solar activity	41
A.T. Karpachev, V.A. Telegin, G.A. Zhbankov	Inhomogeneous structure of the upper ionosphere according to the Intercosmos-19	42
V.V. Klimenko, M.V. Klimenko, K.G. Ratovsky, A.T. Karpachev, I.E. Zakharenkova, A.M. Vesnin, I.A. Galkin, Yu.V. Yasyukevich, A.A. Mylnikova, D.S. Kotova	The similarities and differences between longitudinal variations of the ionospheric plasma density in the middle, auroral, and high latitudes	42
I.V. Mingalev, V.S. Mingalev	Numerical modeling of the influence of geomagnetic activity on the global circulation of the Earth's atmosphere for July conditions	43
O.V. Mingalev, M.N. Melnik, V.S. Mingalev	Numerical modeling of the time evolution of super-small-scale irregularities in the F-layer ionospheric plasma	43
I.I. Shagimuratov, S.A. Chernouss, I.I. Efishev, M.V. Filatov, N.Y. Tepenitsyna, G.A. Yakimova, E.M. Koltunenko, M.V. Shvec	Occurrence of GPS signals phase fluctuations during auroral activity	44
V.A. Telegin, A.T. Karpachev	Investigation of F-spread in the topside ionosphere from the Intercosmos-19 data for winter season	44
V.D. Tereshchenko, V.A. Tereshchenko, O.F. Ogloblina, S.M. Cherniakov	Ionospheric effects of the Kola meteor burst on 18 April 2014 during solar proton event	44
E.D. Tereshchenko, N.Yu. Romanova	Determination the anisotropy parameters of small-scale irregularities in the middle-latitude ionospheric F-region from the amplitude scintillations of satellite signals at a single receiver	45
V.A. Uliev, A.V. Frank-Kamenetsky	Wave-like oscillations of regular riometer absorption with periods of 2 - 30 days	45
V.G. Vorobjev, V.C. Roldugin, O.I. Yagodkina	Large amplitude undulations of evening site diffuse aurorae. Optical characteristics and conditions of generation	45
V.I. Zakharov, Yu.V. Yasukevich, M.A. Titova	GPS- Slips during magnetic storms at high latitudes	46
O.M. Бархатова, Н.А. Бархатов, Н.В. Косолапова	Магнитогравитационные волны в среднеширотной ионосфере как предвестники сильных землетрясений	46

Ж.В. Дашкевич, Б.В. Козелов	Синтетические спектры излучения некоторых систем полос в сине-зеленой области спектра	47
Ж.В. Дашкевич, В.Е. Иванов, Б.В. Козелов	Численная модель возмущенной полярной ионосферы	47
В.А. Егоров, К.А. Тетерин	Метод региональной адаптации модели ионосферы IRI с использованием данных со станций возвратно-наклонного зондирования	48
Е.Н. Ермакова, Д.С. Котик, А.В. Першин	Моделирование вариаций в спектрах поляризации магнитного УНЧ шума на средних широтах в разных геофизических условиях	48
А.С. Кириллов	Кинетика электронно-возбужденных молекул кислорода в атмосферах планет земной группы и активных средах ХКИЛ	48
Д.С. Котова, М.В. Клименко, В.В. Клименко, В.Е. Захаров	Исследование формирования лучевых траекторий и поглощения коротких радиоволн в ионосфере во время геомагнитных бурь	49
А.В. Ларченко, Ю.В. Федоренко, С.В. Пильгаев	Результаты наблюдений искусственного излучения ионосферы в высоких широтах при модификации ионосферы мощным амплитудно-модулированным КВ излучением	50
О.М. Лебедь, А.В. Ларченко, С.В. Пильгаев, Ю.В. Федоренко	Исследование влияния гелиофизических возмущений на состояние нижней ионосферы в высоких широтах	50
И.А. Носиков, П.Ф. Бессараб, М.В. Клименко, В.В. Клименко, Д.С. Котова, В.Е. Захаров	Применение модели расчета радиотрасс в задачах КВ радиосвязи в высоких и авроральных широтах	51
В.В. Пчелкин, А.А. Галахов, В.И. Кириллов	Опыт наблюдения спектров атмосфериков в условиях высоких широт	51
А.В. Радиевский, Ф.С. Бессараб, И.В. Карпов, Н.А. Коренькова, В.С. Лещенко	Регулярная и стохастическая динамика среднеширотной ионосферы	52
Д.Б. Рождественский, В.А. Телегин	Методические основы цифровой обработки результатов ионосферных наблюдений. I. Прогнозирование	52
Д.Б. Рождественский, В.А. Телегин, В.И. Рождественская	Методические основы цифровой обработки результатов ионосферных наблюдений. II. Цифровая фильтрация	52
Е.Е. Тимофеев, С.Л. Шалимов, О.Г. Чхетиани, М.К. Валлинкоски, Й. Кангас	Систематика пространственно временных характеристик электротермальных структур запылённого динамо слоя ночной авроральной ионосферы	53
И.В. Тютин, В.Б. Овденко, С.А. Пушай	Модель сигнала, отраженного от авроральных неоднородностей слоя Е, для надгоризонтной РЛС дальнего обнаружения УКВ диапазона	54
В.И. Шематович	Кинетическая модель Монте-Карло профилей линий водорода для протонных полярных сияний	54
Ю.В. Ярюкевич, А.А. Мыльникова, В.Е. Куницын, А.М. Падохин	Оценка динамики дифференциальных кодовых задержек в каналах ГЛОНАСС и GPS	54

SESSION 6. LOW ATMOSPHERE, OZONE

Y.Y. Kulikov, D.A. Bochkovskii, V.N. Marichev, A.V. Poberovskiy, V.G. Ryskin, Yu.M. Timofeev	Ground-based microwave monitoring of ozone in a middle atmosphere above St. Petersburg and Tomsk during stratospheric warming in winter 2013-2014	59
I.V. Mingalev, K.G. Orlov, V.M. Chechetkin, V.S. Mingalev, O.V. Mingalev	Self-consistent numerical modelling of the global wind system and heat regime of the lower and middle atmosphere	59
I.V. Mingalev, K.G. Orlov, V.S. Mingalev, V.M. Chechetkin, O.V. Mingalev	The improvement of the numerical model of the global wind system of the atmosphere by taking into account the relief of a planet	60
R. Werner, D. Valev, D. Danov, V. Guineva, A. Kirillov	Polar temperature changes	60
A.B. Германенко, Ю.В. Балабин, Б.Б. Гвоздевский	Сезонные вариации в мягкой компоненте вторичных космических лучей	61
В.И. Демин	Определение верхней границы слоя перемешивания по вертикальному профилю озона	61
В.И. Демин, О.И. Мокротова, А.Р. Анциферова	Анализ долговременных изменений температуры воздуха в Мурманске для выявления эффектов городского «острова тепла»	61
В.И. Кириллов, А.А. Галахов, В.В. Пчелкин	Изучение возможного влияния Форбуш-понижений на характеристики потока атмосфериков, регистрируемых в высоких широтах	62
И.В. Мингалев, А.В. Родин, К.Г. Орлов	Моделирование сезонных изменений общей циркуляции атмосферы Титана	62

SESSION 7. HELIOBIOSPHERE

N.K. Belisheva, R.E. Mihaylov, R.G. Novoseltsev, S.D. Cherney	The link between suicide rate in Alaska, solar and geophysical agents and the mental health of patients in mental boarding at the Kola Peninsula	65
V.V. Ivanov, V.V. Sokolovskiy	About quasi-two-year cycle in unitiol oxidation half-time and solar activity	65
А.А. Мартынова, С.В. Пряничников	Промежуточные результаты мониторинга психофизиологического состояния подростков 14-15 лет в течение учебного года	66
В.Н. Петров, Н.К. Белишева	Влияние климатических факторов на уровень заболеваемости населения проживающего на широте Заполярного Круга в сравнении с жителями средней полосы России	67
В.В. Пожарская, Д.А. Петрашова, Н.К. Белишева, А.А. Мартынова	Микроядра в лимфоцитах периферической крови у работающих в горнорудном производстве Мурманской области	67
Н.Л. Соловьевская, С.В. Пряничников, С.В. Козлова	Методы коррекции психофизиологического состояния организма человека в высоких широтах	68
В.В. Цетлин	Отражение пространственных временных воздействий гелиогеофизических агентов в сенсорных свойствах воды	68

Author index

70

Geomagnetic Storms and Substorms



The painting by M.I. Beloglazov

Three types of substorms depending on the solar wind and IMF conditions

I.V. Despirak¹, A.A. Lubchich¹, N.G. Kleimenova²

¹*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*

²*Schmidt Institute of the Physics of the Earth RAS, Moscow, Russia*

All substorm disturbances observed in auroral and high latitudes can be divided into three types. First type - substorms which observed only in auroral latitudes ("classical" substorms); second type - substorms which propagate from auroral latitudes ($<70^\circ$) to polar geomagnetic latitudes ($>70^\circ$) ("expanded substorms"); third type is substorms which observed only at latitudes above $\sim 70^\circ$ in the absence of simultaneous geomagnetic disturbances below 70° ("substorms on contracted oval"). The aim of this study is to compare conditions in the IMF and solar wind, under which these three types of substorms are observed on the basis of data from the meridional chain of magnetometers IMAGE and OMNI database for 1995, 2000, and 2006–2011. It is shown that "substorms on contracted oval" are observed at low velocity of the solar wind ($V < 500 \text{ km/c}$) and at positive or small negative values of B_Z component of IMF. For the appearance of "expanded substorms" need high values of the solar wind velocity ($V > 500 \text{ km/c}$) and relatively small negative values of the IMF B_Z (from ~ 0 to $\sim -4 \text{ nT}$). It was shown also that, even at the high solar wind speed, but at *large negative* values of the IMF B_Z , "classical" substorms do not propagate up to very high latitudes ($>75^\circ$).

Substorms observations during geomagnetic active period at the beginning of March 2012

V. Guineva¹, I.V. Despirak², B.V. Kozelov²

¹*Space Research and Technology Institute, BAS, Stara Zagora, Bulgaria*

²*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*

The period 7-17 March 2012 is one of the most geomagnetic active periods during the ascending phase of Solar Cycle 24. Magnetic storms occurred on 7, 9, 12, and 15 March, these are called the S1, S2, S3, and S4 events. These storms were caused by Sheath, MC and HSS, the detailed scenario for all four storms were different. Measurements of the Multiscale Aurora Imaging Network (**MAIN**) in Apatity and data of IMAGE magnetometers network have been used to verify the substorms onset and subsequent development. Substorms during the chain of 4 geomagnetic storms in the interval 7-20.03.2012 were studied and the characteristics of these substorms were compared to different interplanetary conditions. It was shown that substorms, originated during strong geomagnetic storms provoked by interplanetary shocks and magnetic clouds, near the Dst minimum, occurred to the South of Apatity, and substorm auroras expanded in North direction. For substorms during the late recovery phase, auroras were observed to the North of the Apatity station, and their motion from North to South was registered.

Substorm injection at THEMIS satellite and near-conjugate auroral luminosity in pre-midnight sector: The case study

T.V. Kozelova, B.V. Kozelov

Polar Geophysical Institute, Apatity, Murmansk region, Russia

We use THEMIS spacecraft observations during a substorm on 19 December 2014, in conjunction with ground-based magnetic and optical observations at Kola Peninsula, to examine the spatial structuring and temporal variability of the localized auroral intensification in pre-midnight sector. In this case study the THEMIS-D (8.5 Re geocentric distance) was conjugate to the region of auroral brightening and observed the high energetic particle injection and the sharp density decreases of less energetic particles. We discuss a possible association of particle dynamics and the magnetic and electric fields during the substorm intensification.

Geomagnetic storms and substorms

Isolated auroral substorms and ULF disturbances away from the auroral ovals

N. Nosikova^{1,3}, N. Yagova¹, V. Pilipenko^{1,4}, O. Kozyreva¹, L. Baddeley³, D. Lorentzen³

¹*The Schmidt Institute of Physics of the Earth of the Russian Academy of Sciences (IPE RAS), Moscow, Russia*

²*National Research Nuclear University "MEPhI", Moscow, Russia*

³*The University Centre in Svalbard (UNIS), Longyearbyen, Norway*

⁴*Space Research Institute (IKI), Moscow, Russia*

We study parameters of the polar auroral and geomagnetic pulsations in the frequency range 1-5 mHz (Pc5/Pi3) during quiet geomagnetic intervals preceding isolated auroral substorms and non-substorm intervals. Superposed epoch (SPE) analysis is applied to reveal pre-substorm variations ("substorm precursors"). Cross-spectral analysis is used to analyze the time series of the geomagnetic data from IMAGE magnetometer network, and the data on auroral luminosity measured by Meridian Scanning photometer (Svalbard).

At middle and low latitudes a relation of a rare type of pulsations, night Pc3s, to an auroral substorm is studied. These two types of geomagnetic pulsations recorded in the two regions distant from auroral ovals are, however, both related to auroral substorms.

The reported study was supported by RFBR, research project No14-05-31474мол_а

Variations of Na doublet intensity during auroral disturbances

V.C. Roldugin, A.V. Roldugin (*Polar Geophysical Institute, Apatity*)

Accordingly to nocturnal spectral observations in Lovozero in 2012 winter, the Na doublet 589.3 nm appears every day effectively during overnight. There is correlation between its intensity and auroral emissions variation, first of all with 1PGN2. Possible mechanism of the connection is discussed.

Situation of auroral zone in May accordingly to optical observations in Lovozero

A.V. Roldugin, O.I. Yagodkina, V.C. Roldugin, V.G. Vorobjev (*Polar Geophysical Institute, Apatity*)

The auroral observations in Lovozero in spring of 2014 have been carried out by camera with 557.7 nm filter with transmission band 8 Å. This enables to elongate observation time of aurora to end of May, whereas the routine observations end in middle of April. The exposition time is in interval from 0.01 to 9 sec. We have registered auroras to the south from Lovozero zenith on 25 and 30 April, and on 3 and 8 May during good weather. For these days Dst-index was equal to -37, -39, -20 and -30 nT correspondingly, and Al-index was equal to -211, -256, -240 and -224 nT; these are some below in comparison with usual winter values for such auroras.

For the aurora on 3 May 2014 the auroral keogrammas in Lovozero and in Syowa in Antarctic are compared; they are found out to be very dissimilar.

Large GIC event on June 29, 2013 storm

Ya. Sakharov, Ju. Katkalov, M. Shkarbaluk, V. Selivanov, A. Viljanen

¹*Polar Geophysical Institute, Russia*

²*Centre for Physical and Technological Problems of Energy in Northern Areas, Russia*

³*Finnish Meteorological Institute, Finland*

Extremely high value of geomagnetically induced current on the main power line at the North-West of Russia was recorded in the transformer neutral during a geomagnetic storm on June 29th 2013 in the morning sector of the auroral zone. GIC disturbance related with enhanced particle precipitations developed near minimum of Dst (-100 nT).

The research leading to these results has received funding from the European Community's Seventh Framework Program (FP7/2007-2013) under grant agreement no260330.

Синхронизация скелетонных картин вейвлет спектральной обработки низкочастотных возмущений геомагнитного поля вдоль 210 меридиана как диагностический инструмент состояния магнитосферы

Н.А. Бархатов, С.Е. Ревунов, Д.В. Шадруков (*Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина*)

Разработан метод корреляционно-скелетонной обработки длиннопериодных возмущений МГД диапазона Pc4-5 компонент геомагнитного поля, регистрируемых вдоль 210 меридиана в периоды магнитных бурь. В основу метода положен постпроцессинг пространственно-временного вейвлет-анализа этих возмущений. Работа метода продемонстрирована на 1-минутных данных компонент геомагнитного поля зарегистрированных обсерваториями станций сети STEL (<http://stdb2.stelab.nagoya-u.ac.jp/mm210>) 210-го геомагнитного меридиана. Исследования проведены на временных интервалах данных включавших в себя периоды 12 магнитосферных бурь, имевших формы классических «бухт» различной интенсивности по показаниям геомагнитного индекса Dst и зарегистрированных в 2000-2003 г. В связи с тем, что для отобранных интервалов не все станции 210-го геомагнитного меридиана вели запись, обсерватории были сгруппированы по широтным секторам с размерами $10-15^{\circ}$. В каждом секторе отбирались данные со станции, работающей чаще других. Затем выполнялся посекторный анализ геомагнитных возмущений вдоль меридиана.

Результаты расчета спектров представлялись в виде вейвлет-скелетонных картин [1]. Особенностью метода является попарное сопоставление скелетонных спектральных картин с усреднением результатов сопоставления на графической панели в виде тоновой пиксельной кодировки. Уровень синхронизации геомагнитных возмущений на соседних станциях обозначается интенсивностью тонировки. Выполненное сопоставление панелей между собой и с динамикой рассматриваемых параметров на разных этапах 12 геомагнитных бурь выявило следующие закономерности пространственно-временного распределения геомагнитных возмущений: 1) В предбуревом состоянии наиболее отчетливо выражена синхронизация в областях, где абсолютные величины компонент геомагнитного поля невелики (H в высоких широтах, Z в приэкваториальных). Это можно объяснить синхронизацией поперечных волн, привязанных к силовым линиям магнитного поля. В этом случае проявляются свойства возмущений диапазона Pc4, возбуждение которых альвеновским резонансом силовых линий характерно для магнитоспокойных условий [2]. 2) Первая часть начальной фазы бури сопровождается синхронизацией колебаний в H и Z компонентах поля вдоль всего меридиана, что можно объяснить полоидальностью возмущений диапазона Pc4-5 генерируемых неустойчивостью Кельвина-Гельмгольца [3]. Отметим, что применение предлагаемого метода позволяет использовать найденную синхронизацию колебательных процессов вдоль геомагнитного меридиана как предвестник глобального магнитного возмущения. 3) Переход к главной фазе характеризуется развитием кольцевого тока и авроральных электроджетов, что выражается динамикой индексов SYM/ASY и AL и сопровождается синхронизацией колебательных процессов в Z -компоненте поля в авроральных областях. 4) На главной фазе составляющие геомагнитных возмущений характеризуются неустойчивым распределением скелетонов. Это означает, что развитие кольцевого тока, интенсификация авроральных электроджетов и токов хвоста магнитосферы не приводят к упорядоченным синхронизациям долгопериодных возмущений геомагнитного поля вдоль меридиана.

1. N.A. Barkhatov and S.E. Revunov, Spectral Features of Solar Plasma Flows // Geomagnetism and Aeronomy, Vol. 54, No. 6, pp. 688-693, 2014

2. Большакова О.В., Боровкова О.К., Троицкая В.А., Клейменова Н.Г. Интенсификация геомагнитных пульсаций Pc4 в условиях спокойной магнитосферы // Геомагнетизм и аэрономия, Т.35, № 3, С.143-145. 1995.

3. Ниида А. Геомагнитный диагноз магнитосферы. М.: Мир, 1980, 299 с.

Диамагнетизм плазмы и образование локальных уменьшений магнитного поля вблизи экваториальной плоскости

В.В. Вовченко¹, Е.Е. Антонова^{2,1}

¹ИКИ РАН, г. Москва, Россия, a1246@rambler.ru

²НИИЯФ им. Д.В. Скobel'цина МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия, antonova@orearm.msk.ru

Локальное повышение давления плазмы в магнитной ловушке в условиях магнитостатического равновесия приводит к образованию локальных уменьшений магнитного поля (ям магнитного поля) за счет диамагнетизма плазмы. Приведены результаты анализа распределения давления в экваториальной

Geomagnetic storms and substorms

плоскости на спутнике AMPTE/CCE. Выделено более ста события данного типа. Отмечено, что традиционное объяснение формирования локальных минимумов магнитного поля вблизи полуночи связывается с искажением магнитосферного магнитного поля током хвоста вблизи приземного края хвостового тока. Выделены различия в действии рассматриваемых механизмов, связанные с одновременно наблюдаемым профилем давления. В ходе анализа зарегистрированных событий формирования ям магнитного поля выделены события вблизи полуночи, в которых одновременно наблюдались горбы давления. Использованы данные одновременных близких пролетов авроральных спутников для уточнения вида профиля давления. Такое уточнение возможно в связи с наблюданной изотропией давления и его постоянством на магнитной силовой линии в условиях магнитостатического равновесия. Проведено нелинейное моделирование искажения поля диполя полученными распределениями давления. Показано, что диамагнитный эффект вносит существенный вклад в формирование наблюдаемых ям магнитного поля.

Оценка векового хода Н-компоненты главного магнитного поля Земли

С.В. Громов, Л.А. Дремухина, А.Е. Левитин, Л.И. Громова

*Институт земного магнетизма, ионосфера и распространения радиоволн им. Н.В.Пушкина РАН
(ИЗМИРАН), Москва, Троицк, 142190, Россия*

В работе анализируются вековые (от года к году) изменения горизонтальной Н-компоненты главного магнитного поля Земли. Для анализа используются данные наземных магнитных обсерваторий за большой период времени с 1958 по 2013 годы. Выбраны 102 обсерватории Северного и 26 обсерваторий Южного полушария Земли, максимально равномерно расположенных по поверхности планеты, а также имеющих наиболее длинный ряд надежных измерений в течение выбранных 46 лет. Ежегодное изменение Н-составляющей (вековой ход) определяется как разность среднесуточных значений, рассчитанных для самых спокойных дней января (для Северного полушария) и июля (для Южного полушария) двух последовательных лет. Анализируются рассчитанные амплитуды векового хода на каждой обсерватории, изменение скорости роста (уменьшения) Н-составляющей в зависимости от времени в течение рассматриваемых 46 лет, а также распределение измеренных вариаций по поверхности Земли.

Оценка распределения геомагнитной активности во время больших магнитных бурь

С.В. Громов, А.Е. Левитин, Л.И. Громова, Л.А. Дремухина

*Институт земного магнетизма, ионосфера и распространения радиоволн им. Н.В.Пушкина РАН
(ИЗМИРАН), Москва, Троицк, 142190, Россия*

Для оценки геомагнитной активности использовался разработанный в ИЗМИРАНе метод количественной оценки локальной наземной активности переменного геомагнитного поля. Он опирается на данные измерений обсерваторий в период самого магнитно-спокойного года за весь период проведения качественных обсерваторских измерений. Нами проведены оценки распределения геомагнитной активности по широтным поясам, от экватора до полярной шапки во время больших бурь. Они дают несколько иную картину распределения переменного магнитного поля Земли, чем та, которая создаётся классическим индексом геомагнитной активности Кр. Полученные результаты демонстрируются на примерах анализа больших магнитных бурь. Обсуждается необходимость пересмотра существующего представления о переменном геомагнитном поле на уровне земной поверхности, которое опирается на индексы, введённые в период доспутниковой эпохи.

Моделирование динамики плазмы методом "частица-в-ячейке" с использованием суперкомпьютерных вычислений

А.В. Дивин, В.С. Семенов (*Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург*)

Во многих задачах физики космической плазмы можно пренебречь эффектами столкновений между отдельными частицами плазмы, т. к. время между бинарными столкновениями в сильно разреженной среде существенно больше типичных времен плазменных процессов. Это приводит к тому, что в каждой точке состояния плазмы описывается одночастичной функцией распределения, а эволюция системы определяется

уравнениями Власова-Максвелла. Характерной особенностью таких задач является их многомасштабность, то есть глобальная (макроскопическая) эволюция системы может иметь длительность, существенно большую ионного гиропериода, в то время как на электронных масштабах присутствует взаимодействие типа "волна-частица" и сосредоточена бесстолкновительная диссипация. Наличие столь большого диапазона масштабов (Дебаевский радиус - электронный гирорадиус - ионный гирорадиус - макроскопический масштаб) накладывает серьезные требования на вычислительные ресурсы, необходимые для моделирования. Несмотря на наличие разнообразных методов и доступность кинетических кодов, необходимые для трехмерного моделирования ресурсы появились сравнительно недавно. Так, общедоступные суперкомпьютеры дают возможность проводить расчеты с использованием 1000...10000 вычислительных ядер (и более), что позволяет моделировать динамику плазмы в достаточно больших областях, разделяя при этом электронные, ионные и макроскопические масштабы. Трехмерное моделирование магнитного пересоединения в слое Харриса позволило идентифицировать такие моды, как неустойчивость Бунемана (на сепаратрисах), нижнегибридную дрейфовую неустойчивость (на фронтах джета), вистлеры (в области вытекания). В качестве другого приложения метода "частица-в-ячейке" будет рассмотрено кинетическое моделирование взаимодействия слабого диполя с плазмой солнечного ветра и образование "минимагнитосферы" размером в несколько ионных гирорадиусов. Будет дано краткое описание вычислительного трехмерного open-source кода iPIC3D.

Влияние наклона фронта неоднородности солнечного ветра на свойства длиннопериодных геомагнитных пульсаций во время начала магнитосферной бури

Ю.Ю. Клибанова^{1,2}, В.В. Мишин¹, Б. Цэгмэд^{1,3}, А.В. Моисеев⁴

¹*Институт солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск*

²*Иркутский государственный аграрный университет им. А.А. Ежевского, г. Иркутск*

³*Исследовательский центр астрономии и геофизики АН Монголии, г. Улан-Батор, Монголия*

⁴*Институт космофизических исследований и аэрономии им. Ю.Г. Шафера СО РАН, Якутск, 677980, Россия*

e-mails: vladm@iszf.irk.ru; malozemova81@mail.ru

Исследуются дневные длиннопериодные геомагнитные пульсации, обусловленные приходом фронта неоднородности солнечного ветра (СВ) во время внезапного начала магнитосферной бури 14 июля 2012 по данным внемагнитосферных спутников ACE, WIND и пары спутников THEMIS, а также наземных станций, расположенных на низких, средних и высоких широтах. Показано, что распространение пульсаций соответствует механизму их возбуждения ударом по магнитопаузе фронтом, причем смещение от полудня сектора разбегания волн определяется азимутальным углом наклона фронта. Обнаружено изменение направления поляризации по долготе и широте. Частота наблюдаемых глобально пульсаций $f = 4.4$ мГц во время сжатия магнитосферы до $L=6.7$ не связана с колебаниями в СВ.

Наблюдения полярных сияний системой камер MAIN в Апатитах: текущее состояние и статистика за 2011-2014 годы

Б.В. Козелов (*Полярный геофизический институт, г. Апатиты, Россия*)

В докладе представлен обзор наблюдений полярных сияний системой камер MAIN за 2011-2014 гг. Система MAIN, установленная в Апатитах, состоит из 5 авроральных камер с различным полем зрения и позволяет регистрировать как крупномасштабное распределение аврорального свечения в окрестности с радиусом ~400 км, так и мелкие ~100 м детали вблизи магнитного зенита. Наблюдения из двух точек дают возможность оценить высоту области свечения вблизи магнитного зенита. Проведена статистическая обработка данных наблюдений по числу интервалов наблюдений каждой камерой и триангуляционными парами камер, по типу авроральных событий, получены статистические распределения индексов геомагнитной активности Dst и AE для интервалов наблюдений полярных сияний камерами системы MAIN. Приведены примеры численного анализа пространственно-временной динамики полярных сияний с использованием фрактальных характеристик и методов математической морфологии. Обсуждаются возможности анализа данных MAIN совместно с одновременными наземными (Ловозеро) и спутниковыми (RBSP, THEMIS) наблюдениями КНЧ-ОНЧ электромагнитных волн.

Geomagnetic storms and substorms

Распределение электрического потенциала в возмущённой полярной ионосфере: сравнение статистических моделей и данных отдельных интервалов суббури

С.Б. Лунюшкин, А.Д. Базаржапов, О.И. Бернгардт, В.М. Мишин, М.В. Толочко (*ИСЗФ СОРАН, Иркутск*)

Выполнено сравнение распределения электрического потенциала в возмущённой полярной ионосфере северного полушария по данным статистических моделей и избранных интервалов ряда суббури. Распределения потенциала в отдельных суббурях вычислены на основе техники инверсии магнитограмм (ТИМ). Сглаженные графики вариаций потенциала в ходе суббури, полученные в рамках двух моделей, близки по основным трендам, но различаются по амплитуде. Статистические модели, сравнительно с картами ТИМ, теряют отдельные характерные детали суббури.

Неустойчивость Кельвина-Гельмгольца и Рэлея-Тейлора в солнечном ветре и на границе магнитосферы. Линейная теория.

В.В. Мишин (*ИСЗФ СОРАН, Иркутск*)

Дан обзор результатов линейной теории МГД неустойчивости сдвиговых течений в околосземной плазме. Показано, что обычно используемое приближение несжимаемой среды, применимо только для дозвуковых тангенциальных разрывов, неустойчивость которых приводит к образованию вихрей на границе раздела, но в бесстолкновительной плазме не дает образования диффузионных пограничных слоев. В случае сверхзвуковых сдвиговых течений обычно рассматриваемые продольные относительно течения возмущения оказываются устойчивыми, а потому не пригодными для объяснения наблюдаемых на таких образованиях волн. Сверхзвуковая ветка неустойчивости эффективно развивается на обычно не учитываемых косых (наклонных к вектору скорости) возмущениях со слабо спадающей в пространстве амплитудой, что приводит к образованию диффузионных пограничных слоев в солнечном ветре и на границе хвоста магнитосферы.

Обсуждается частотный диапазон неустойчивости и ее связь с наблюдаемыми волнами в солнечном ветре, в дневной и ночной магнитосфере.

Динамика продольных токов в цепочки суббури во время супербури 06.04.2000

В.В. Мишин, М.А. Курикалова, В.М. Мишин (*ИСЗФ СОРАН, Иркутск*)

На основе ТИМ вычислены распределения плотности продольных токов (ПТ) цепочки суббури в полярной ионосфере северного полушария, наблюдавшейся в ходе супербури 06.04.2000 (сезон равноденствия). Описаны летний, зимний и третий особый типы изменений ПТ в ходе “expansion onsets” различных суббури. Результаты подтверждают предлагаемую авторами модель электрической цепи глобальной суббури и сценарий “expansion onset” суббури, в котором ключевую роль играет неустойчивость магнитосферно-ионосферной связи в мезомасштабных ячейках вытекающего в ионосферу ПТ Зоны 1 Ииджимы и Потемры и втекающего ПТ полярной ионосферы.

Динамика продольных токов в ходе двух суббури летнего и зимнего сезона и модель электрической цепи магнитосферно-ионосферной системы двух полушарий

В.В. Мишин, М.А. Курикалова, Ю.А. Караваев, В.М. Мишин, О.И. Бернгардт (*ИСЗФ СОРАН, Иркутск*)

На основе техники инверсии магнитограмм (ТИМ), по данным суббури 27.08.2001 и 26.02.2008 вычислены распределения плотности и интенсивности продольных токов (ПТ) в полярной ионосфере северного полушария. По этим данным, охватывающим существенно разные условия освещенности полярной ионосферы, получены графики изменений интенсивности ПТ в системе мезомасштабных ячеек, заполняющих три Зоны Ииджимы и Потемры. Разработаны модели электрической цепи М-И систем северного полушария и глобальной М-И системы для интервалов “expansion onset” каждой суббури. Обоснован вывод, что ключевую роль в развитии “expansion onset” обеих суббури играют ПТ вытекающего из ионосферы ПТ вечернего сектора R1 и втекающего ПТ R0. В качестве необходимого триггера “expansion onsets” обеих суббури отмечены неустойчивости обратной связи магнитосфера-ионосфера в петле обратной связи, охватывающей область двух названных ячеек.

Fields, Currents, Particles in the magnetosphere



The painting by M.I. Beloglazov

Ballooning modes in the magnetospheric plasma sheet and their auroral manifestations: A review

I.V. Golovchanskaya, I.A. Kornilov, T.A. Kornilova (*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*)

Basic theoretical solutions for ballooning modes in the magnetospheric plasma sheet are surveyed. These include MHD ballooning waves and instabilities [Golovchanskaya and Maltsev, 2005; Liu, 1997; Erkaev et al., 2007], drift ballooning waves [Saito et al., 2008; Uritsky et al., 2009], kinetic ballooning/interchange instability [Pritchett and Coroniti, 2010, 2011] and others. Since compressibility and field-aligned currents are inherent features of the ballooning perturbations, they are expected to produce variations in the auroral intensity. We illustrate auroral manifestations of the ballooning perturbations in different geomagnetic conditions by PGI and THEMIS ground-based optical observations and discuss the relevance of the existing theories for their interpretation.

Observation of the aurorae and SAR arc dynamics during the substorm injection events

I.B. Ievenko, S.G. Parnikov (*Yu. G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy, Yakutsk, Russia*)

The stable auroral red (SAR) arcs are the consequence of interaction of the outer plasmasphere (plasmapause) with energetic ions of the ring current. The diffuse aurora (DA) is caused by the low-energy electron precipitation from the plasma sheet. Our studies indicate that the SAR arc appears and/or brightens during the substorm expansion phase. The SAR arc formation begins in the equatorward boundary region of DA (Ievenko, 1999; Ievenko et al, 2008). In this work we analyze the observations of dynamics of DA and SAR arc in the 557.7 and 630.0 nm emissions with an all-sky imager (ASI) at the Yakutsk meridian (CGM: 58°N, 200°E) during the isolated substorm injection events detected by the ECT HOPE Instrument aboard the Van Allen Probes satellite. Changes in the spectrum of energetic ions and electrons on $L = 5.4 - 6.3$ during the sharp increase of magnetospheric convection and substorm injection are shown.

The ground-based ASI observed in three events the manifestation of substorm injection in the midnight-dawn MLT sector. First the equatorward and eastward extension of DA has taken place. Further the formation of SAR arc and its movement up to zenith of station has occurred. It is assumed that the dynamics of DA and SAR arc maps the penetration of hot plasma into the outer plasmasphere as the result of electric drift from the substorm.

Polarization of ballooning perturbations in the plasma sheet conjugate to preonset East-West auroras

T.G. Kogai, I.V. Golovchanskaya, I.A. Kornilov (*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*)

The phase relations between perpendicular electric and magnetic components in the ballooning perturbations conjugate to preonset E-W auroras are studied by 3 s THEMIS probe measurements. The analysis is performed for signal filtering in different passbands, which are set in accordance with the wavelet spectra of the perturbations (their ballooning nature is verified for each passband). While, in general, the analyzed phase shift is unsteady, with both in-phase and $\pi/2$ -shifted oscillations present, we show that sometimes it is possible to discriminate between perturbations associated with the E-W auroras and those connected with azimuthally propagating auroral intensifications inside them.

Solar wind and tail substorm activity

I.A. Kornilov, T.A. Kornilova (*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia, kornilova@pgia.ru*)

Last year (Apatity seminar 2014) it was demonstrated that horizontal components of solar wind magnetic field are well correlating with the brightness of northern auroral structures. Nowadays presented report continues this study on the base of much more representative data list. Satellite and auroral measurements for 2011-2014 years were investigated. Magnetic field and particle fluxes were detected by ACE, WIND and ARTEMIS (two THEMIS spacecraft at Lunar orbit). OMNI database were analyzed as well for preliminary data selection (sharp increasing of solar wind temperature, pressure or speed). Data allow approximate reconstruction of geometry and irregularities of solar wind magnetic cloud structure. Plentiful information about auroral activity included data from Canadian stations, PGI all-sky black and white and emissions imagers, Svalbard KHO color all-sky cameras. Previous results were well confirmed, and some new facts were revealed.

Solar wind interaction with internal magnetosphere

I.A. Kornilov, T.A. Kornilova

Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia. kornilova@pgia.ru

In summer 2011 two THEMIS satellites (Themis B and Themis C) were placed at the Moon orbit, where they are located till nowadays. Three apparatus (Themis A, D and E) during all that period of time were mostly inside magnetosphere in different positions along almost identical elliptical orbits. Orbit perigee is about 1 Re, apogee -10 Re, and apogee point rotates around the planet with period about two weeks. Data from these three satellites together with information from ACE, WIND and Lunar orbiting THEMIS probes provide excellent opportunities for study the process of solar wind fields and particles penetration inside magnetosphere and interaction with magnetospheric plasma. Initial and preliminary results of this study are presented.

The deep electromagnetic sounding in the northern part of the West Siberian platform by using industrial power transmission lines

V.A. Lubchich

Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia

The report deals with electromagnetic sounding of the Earth by using industrial power transmission lines as a dipole antenna. This technique provides deep investigation of thick sedimentary rock cover of the West Siberian platform. Fold basement has an influence on results of electromagnetic field measurements when sounding at frequencies of 0.01 – 0.1 Hz. Results of the sounding at frequencies of 0.1 – 10 Hz are determined by geological structure of sedimentary cover. It was shown for the example of experimental work in the northern part of the West Siberian platform, that integrated interpretation of magnetotelluric data and electromagnetic sounding with controlled source data is useful. This method allows to select layers with high resistance, which is promising for discovery of oil and gas fields. Frozen rock has an influence on results of electromagnetic sounding when the electromagnetic field frequency is above 10 Hz.

The formation of two-dimensional structures of the electric field in the cold ionosphere magnetosphere plasma

M.A. Volkov

Murmansk State Technical University, Murmansk, volkovma@mstu.edu.ru

The formation of the two-dimensional electric field structures in the cold ionosphere magnetosphere plasma under convection is considered. The convection inhomogeneity leads to the currents across and along the magnetic field lines. The field-aligned currents flowing from the ionosphere into the magnetosphere are creating positive feedback between magnetospheric and ionospheric perturbations. The electrons have been accelerated into the ionosphere by the electric field of the inertial Alfvén wave. The ionosphere is assumed by a thin conductive layer, but the processes of the ionization and recombination of charged particles are considered. The ionospheric processes were considered as non-linear. In the magnetosphere the linear approximation was used. The linear equation for the inertial Alfvén waves propagating oblique to the magnetic field from the ionosphere to the magnetosphere was solved with the realistic change of the velocity along the magnetic field lines taking into account the change wave velocity transversely of the magnetic field.

О природе продольной разности потенциалов в авроральной зоне Ганимеда

А.С. Лаврухин^{1,2}

¹*Физический факультет МГУ, г. Москва, Россия, lavrukhan@physics.msu.ru,*

²*Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скобельцына МГУ, г. Москва, Россия*

Полярные свечения на Ганимеде являются результатом взаимодействия высывающихся электронов с молекулами кислорода в разреженной атмосфере Ганимеда (столбцовая плотность $(1-10) \times 10^{14}$ молекул/см³). Максимум сечения взаимодействия электронов с молекулярным кислородом для наблюдающихся линий 1304 Å и 1356 Å приходится на энергию электронов в 100 эВ. Между тем электроны магнитосферной плазмы Юпитера по измерениям космического аппарата Вояджер в районе Ганимеда характеризуются температурой в 20 эВ, $n_e = 5-20$ см⁻³. Было рассчитано, что для наблюдаемого максимума интенсивности свечения в 300 Рэлей необходима плотность электронов у поверхности Ганимеда в $n_e = 300$ см⁻³, а температура электронов должна быть в диапазоне 100-200 эВ. Необходимое ускорение электроны могут получить в результате прохождения продольной разности потенциалов на пучке открытых силовых линий магнитосферы Ганимеда. Эта продольная разность потенциалов возникает поскольку плотность тепловых электронов недостаточна для создания требуемого полного тока в Альвеновских «крыльях», образованных двумя (северным и южным) пучками открытых силовых линий. Эти токи возбуждаются в результате движения магнитосферной плазмы относительно Ганимеда, увлекаемой в совместное вращение с Юпитером. Приложенная к ионосфере Ганимеда ЭДС равна приблизительно 220 кВ. Её величина определяется поперечными размерами магнитосферы Ганимеда, магнитным полем магнитосферы Юпитера (сумма дипольного поля Юпитера и поля экваториального токового диска на орбите Ганимеда) и скоростью плазмы относительно Ганимеда. Предполагая, что Альвеновский радиус, который ограничивает зону ковращения плазмы вместе с планетой больше размеров орбиты Ганимеда, получим для скорости 139 км/сек. Ионосферный ток можно рассчитать, как произведение разности потенциалов на Педерсеновскую проводимость ионосферы Ганимеда (около 2 Сименс). Если рассчитать силу тока электронов, как произведение их плотности n_e на e и скорость электронов v , и учесть то, что не все электроны, находящиеся «на бесконечности», могут достичь Ганимеда, то она будет равна 148 кА. Поскольку максимальный ток на тепловых электронах (148 кА), оказывается примерно в 3 раза ниже требуемого тока в цепи, часть поперечного потенциала перераспределяется в скачок продольного потенциала электрического поля, ускоряющего электроны. Рост плотности электронов связан с фокусировкой из-за уменьшения сечения токонесущей силовой трубы (примерно в семь раз 100 нТ/700 нТ). Оба эффекта и приводят к появлению авроральных сияний и замыканию в ионосфере токов Альвеновских крыльев.

Зависимость стационарных конфигураций тонкого токового слоя с постоянной нормальной компонентой магнитного поля от внешних параметров

О.В. Мингалев¹, И.В. Мингалев¹, Х.В. Малова^{2,3}, М.Н. Мельник¹, Л.М. Зеленый²

¹*Полярный геофизический институт КНЦ РАН, Анадырь, mingalev_o@pgia.ru*

²*Институт космических исследований РАН, Москва*

³*Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скобельцына МГУ, Москва*

При помощи численной модели тонкого токового слоя (ТТС) в хвосте магнитосферы, основанной на методе крупных частиц, исследуется зависимость полученных ранее квазистационарных конфигураций ТТС от значений двух входных параметров модели: отношения $B_z / \Delta B_x$ заданной постоянной нормальной компоненты магнитного поля B_z к изменению в слое тангенциальной компоненты $B_x(z)$, а также от отношения V_D / V_{T0} гидродинамической скорости V_D образующего слой падающего потока плазмы к его тепловой скорости V_{T0} .

Fields, currents, particles in the magnetosphere

Эффект насыщения потока Пойнтинга в магнитосферу во время супербури 20 - 21 ноября 2003: сравнение результатов ТИМ и модели PPMLR

В.В. Мишин, Ю.А. Караваев (*ИСЗФ СОРАН*)
J.P. Han, C. Wang (*CSSSAR CAS, Beijing, China*)

Сравнение потока электромагнитной энергии из солнечного ветра в магнитосферу Земли, рассчитанного по МГД модели магнитосферы PPMLR и техникой инверсии магнитограмм (MIT) по данным супербури 20 – 21 ноября 2003 показало:

На подготовительной фазе бури, в режимах суббури и SMC, когда значения динамического давления и южной компоненты ММП были невелики ($Pd < 4$ нПа, $Bz < -5$ нТ), значения входной мощности полученной обеими методами почти совпадали.

При увеличении Pd и южного ММП происходит рост потока Пойнтинга. Этот рост при $Pd \sim (5-8)$ и $Bz \approx -10$ нТ начинает замедляться и при $Pd > 10$ нПа и $Bz < -15$ нТ практически прекращается. При этом величина переносимого потока Пойнтинга через магнитопаузу (данные PPMLR MHD) оказываются больше такового через полярную шапку (данные ТИМ) в 1.5-2 раза. Выдвинуто предположение, что эффект насыщения потока Пойнтинга связан с замедлением сжатия магнитопаузы при значительном усилении солнечного ветра.

Зависимость параметров центрального плазменного слоя от параметров солнечного ветра

Н.А. Степанов¹, В.А. Сергеев², Д.А. Сормаков¹, В.Анжелопулос³

¹ИАНИИ, Санкт - Петербург, Россия

²СПбГУ, Санкт - Петербург, Россия

³Университет Калифорнии, Лос-Анджелес, США

Параметры плазмы плазменного слоя существенно влияют на высыпание частиц и проводимость ионосферы. В работе изучается влияние солнечного ветра и магнитной активности на параметры плазменного слоя (концентрации, давления, температуры).

Использованы данные спутников THEMIS за 2007 — 2013 гг. полученные в центральном плазменном слое ($\beta > 1$) на расстояниях 8 — 12 Re в ночной магнитосфере. Приведены результаты исследования парных и множественных корреляций. Наиболее интересный результат заключается в разном поведении давления ионов и электронов в ЦПС. Давление ионов показывает сильную зависимость от динамического давления солнечного ветра, в то время как давление электронов плазменного слоя больше зависит от магнитной активности и межпланетного электрического поля. Это может объясняться сильным влиянием на электроны магнитосферных суббурий.

Как фотографировать полярные сияния

С.А. Черноус¹, В.Ю. Жиганов²

¹Полярный геофизический институт

²Кольский научный центр

В докладе пойдет речь о представлении сияний, как явления, с точки зрения искусства фотографа. Тем не менее, одного навыка фотографирования для съёмки полярных сияний недостаточно. Необходимо знать, где и когда оно появится, а это уже задача для геофизиков. В докладе дается обзор современных представлений о долгосрочном прогнозе полярных сияний и информация о справочных сайтах на эту тему. Рассматривается краткосрочный прогноз на основе совместной модели норвежских и российских физиков, которая применяет данные Г.В.Старкова (ПГИ) по статистической зависимости положения аврорального овала от Кр индекса и использует 15-минутные аналоги Кр индекса, получаемые на основе измерений на спутнике ACE.

Вторым параметром успеха является хорошее знание технических параметров, характеристик и возможностей применяемой фототехники. В качестве примера обсуждаются результаты спектральной калибровки полупрофессиональных камер Nikon и Canon, полученные в рамках Норвежско-Российского проекта NORUSKA. Подобную информацию невозможно найти в опубликованных инструкциях организаций-производителей. Нами, на основе личного опыта, обсуждаются технические подробности съёмки полярных сияний на Кольском полуострове и приводятся примеры фотографий, слайд-шоу и фильмов, целью которых, является художественное представление этого явления природы.

Waves, Wave-Particle Interaction



The painting by M.I. Beloglazov

Butterfly pitch-angle distribution of relativistic electrons in the outer radiation belt: Evidence of nonadiabatic scattering

A.V. Artemyev¹, O.V. Agapitov², F.S. Mozer²

¹*Space Research Institute, RAS, Moscow, Russia.*

²*Space Science Laboratory, University of California at Berkeley, Berkeley, USA*

We investigate the scattering of relativistic electrons in the night-side outer radiation belt (around the geostationary orbit). We consider the particular case of low geomagnetic activity ($|D_{st}| < 20$ nT), quiet conditions in the solar wind, and absence of whistler wave emissions. For such conditions we find several events of Van Allen probe observations of butterfly pitch-angle distributions of relativistic electrons (energies about 1-3 MeV). Many previous publications have described such pitch-angle distributions over a wide energy range as due to the combined effect of outward radial diffusion and magnetopause shadowing. In this paper we discuss another mechanism that produces butterfly distributions over a limited range of electron energies. We suggest that such distributions can be shaped due to relativistic electron scattering in the equatorial plane of magnetic field lines that are locally deformed by currents of hot ions injected into the inner magnetosphere. Analytical estimates, test particle simulations and observations of the AE index support this scenario. We conclude that even in the rather quiet magnetosphere, small scale (MLT-localized) injection of hot ions from the magnetotail can influence the relativistic electron scattering. Thus, observations of butterfly pitch-angle distributions can serve as an indicator of magnetic field deformations in the night-side inner magnetosphere. We briefly discuss possible theoretical approaches and problems for modeling such nonadiabatic electron scattering.

The irregular geomagnetic Pi3 pulsations and its connection with fluxes of energetic particles

V.B. Belakhovsky¹, V.A. Pilipenko²

¹*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*

²*Institute of Physics of the Earth, Moscow, Russia*

In this study we investigate irregular Pi3 type geomagnetic pulsations excited during both isolated substorms and sawtooth events using satellite (GOES, THEMIS) and ground-based observations (CARISMA, THEMIS, and NORSTAR arrays). These pulsations can develop during entire substorm period, but not during substorm growth phase only as typical Pi2 pulsations. The maximum intensity of these pulsations lies in the auroral zone ($\sim 66^\circ$ CGM). These pulsations are better seen in X-component of the ground geomagnetic field and azimuthal magnetic component on the geostationary GOES spacecraft and on the THEMIS satellites which were located in the magnetotail at the distance about 10 Re. A strong increase of the energetic particle fluxes is observed on GOES and THEMIS spacecraft during the substorm onset. This increase was accompanied by the cosmic noise absorption and auroral intensity enhancement as registered by the NORSTAR riometers and THEMIS all-sky imagers. The considered irregular Pi3 pulsations strongly modulate the electron fluxes at GOES, THEMIS spacecraft, cosmic noise absorption, and aurora intensity. We suppose that Pi3 pulsation mechanism is different from that of dayside Pc5 pulsations in the same frequency range. It is possibly related to magnetotail oscillations during substorm development.

Simulation of VLF chorus emissions in the magnetosphere and comparison with THEMIS spacecraft data

A.G. Demekhov¹, U. Taubenschuss², O. Santolik³

¹*Institute of Applied Physics, Nizhny Novgorod, Russia, andrei@appl.sci-nnov.ru*

²*Swedish Institute of Space Physics, Uppsala, Sweden*

³*Institute of Atmospheric Physics, Prague, Czech Republic*

We present the results of numerical simulations of VLF chorus emissions based on the backward oscillator (BWO) model and compare them with data from THEMIS spacecraft.

Specific attention is paid to the choice of simulation parameters on the basis of experimental data and on the dependence of the chorus spectra on the observer position inside the chorus source region.

We show that based on the chorus amplitude, the geomagnetic field profile along the magnetic field, the plasma

Waves, wave-particle interaction

electron density, and the initial wave frequency one can unambiguously choose the parameters of the energetic electron distribution function which yield correct representation of individual chorus elements in the simulation. In particular, the measured growth rate, frequency drift rate, and the characteristic interval between the elements are sufficiently well reproduced.

We demonstrate that simulated chorus spectra depend significantly on the coordinate along the geomagnetic field line, higher frequencies being observed downstream of the equator with respect to the electron motion and, correspondingly, upstream with respect to the whistler mode waves. This dependence is explained within the framework of the BWO model by the variation of energetic electron distribution function in the course of wave generation. The nonsymmetry of the frequency spectra allows one to expect a difference between the spectra of oppositely propagating waves measured away from the magnetic equator. THEMIS data, indeed, show a difference between the frequencies of oppositely propagating waves which can be attributed to the considered mechanism.

Latitude behavior of Pc1 geomagnetic pulsations in the declining and minimum of the 24-th solar activity cycle

F.Z. Feygin, N.G. Kleimenova, Yu.G. Khabazin, L.M. Malysheva

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

The Pc1 geomagnetic pulsations known as “pearls” have been the subject of intensive study since many years ago. It is well established that the Pc1 waves are generated via the cyclotron instability of radiation belt protons and propagate toward the Earth surface along the magnetic field lines. The plasmapause region could be the plausible area of Pc1 Alfvén wave generation. These oscillations are left-hand polarized waves. So, the ground stations, located in vicinity of the footprint of the plasmapause, should record mostly the left-handed polarized Pc1 waves. The Pc1 pulsations, long travelling in the ionospheric waveguide, change the sign of polarization and become right-hand polarized ones. Thus, the analysis of Pc1 polarization, obtained from multi-station observations, can provide some experimental information for a Pc1 source location.

The latitude features of structured Pc1 geomagnetic pulsations have been studied on the base of the Scandinavian induction magnetometer chain data in 2003 and 2008-2009. These intervals correspond to the declining ($W_p \sim 70$) and minimum ($W_p \sim 3$) phases the 24-th solar activity cycle. We compared the total, right-handed and left-handed polarized Pc1 intensity obtained first at all from two latitude considered spaced stations: SOD ($\Phi=63.8^\circ$, $L\sim 5.3$) and NUR ($\Phi=56.6^\circ$, $L\sim 3.5$). We found that in 2003, the great number of the Pc1 pulsations was stronger at NUR and showed there generally left-hand polarization. However, in 2008-2009, the strong Pc1 events were more often recorded at SOD with left-hand polarization as well. There were a lot of magnetic disturbances in 2003, and the Pc1 events were observed mostly at the end of magnetic disturbances and the previous K_p value was $\sim 3-4$. In 2008-2009, the Pc1 pulsations were observed usually after long lasting magnetically quiet time intervals with $K_p \sim 0-1$, beyond slight increasing magnetic activity. The roughly estimated plasmapause location ($L_{pp}=5.5-4.6$ K_p max) showed that in the first situation, the plasmapause was located closer to NUR, and during the second one it was located closer to SOD. That supports the idea that the area of Pc1 wave generation could be related to the vicinity of the plasmapause.

Pulsating auroras at the SAR arc latitudes as a result of the EMIC waves generation

I.B. Ievenko, S.G. Parnikov, V.N. Alexeyev (*Yu. G. Shafer Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy, Yakutsk, Russia*)

Photometric observations at the Yakutsk meridian (CGMC: 55-60°N, 200°E) have shown that during the substorm recovery phase at latitudes of SAR arc the luminosity pulsation splashes in the 427.8 nm emission are usually observed. These pulsations map the pulsating precipitations of the ring current energetic particles in the outer plasmasphere (Ievenko, 1995; Ievenko et al, 2008). In this report we consider possible mechanisms for the observed luminosity pulsations. It is known that the pulsating precipitations can be caused by electromagnetic ion-cyclotron (EMIC) waves due to the modulation of the pitch-angle diffusion and, consequently, particle flux in the loss cone with the wave frequency (Coroniti and Kennel, 1970). We have performed the analysis of dependence of EMIC wave frequency on L-shells for various energy of the O^+ and H^+ ring current ions and also cold plasma density. Few events of the luminosity pulsation observation at the latitudes of diffuse aurora and SAR arc have considered. In all cases the observed modulation frequencies of precipitations can be explained only by the cyclotron resonance of electromagnetic wave with heavy O^+ ions which can dominate in the ring current during magnetic storms.

Wave-like auroral activities preceding substorm onset

I.A. Kornilov, T.A. Kornilova, I.V. Golovchanskaya

Polar Geophysical Institute, Apatity, Murmansk region, Russia

Several types of wave-like auroral activities are observed at near-midnight MLT sector during substorm growth phase. They include (a) series of swirls-like intensifications propagating azimuthally along the distinct east-west (E-W) arc on the poleward boundary of the auroral zone; (b) multiple E-W arcs which split off the poleward auroral boundary and drift equatorward; (c) multiple equatorward (or poleward) propagating E-W arcs splitting off the activated prebreakup arc; (d) azimuthally propagating bead-like intensifications inside the prebreakup arc immediately prior to substorm onset; (e) auroral pulses inside the prebreakup arc before onset. Using ground-based optical data of Polar Geophysical Institute and Themis imager array, we study spatio-temporal characteristics of above mentioned wave activities and invoke to various theories to clarify their nature.

Strange VLF events at auroral latitudes

J. Manninen¹, N.G. Kleimenova², T. Turunen¹

¹*Sodankyla Geophysical Observatory, Sodankylä, Finland*

²*Schmidt Institute of the Physics of the Earth RAS, Moscow, Russia*

Very strange VLF events were found during several Finnish VLF winter campaigns at KAN located ~40 km from Sodankyla Geophysical Observatory. Some expressive VLF emissions are presented here: (1) a few hours lasting quasi-periodic emissions in the frequency range of 1–5 kHz with the multi-scale time periodicity of the structure as a mixture of the different frequency band signals, which seem to have independent origins; (2) a series of short separated bursts of the VLF left-hand polarized emissions in the frequency range of 2-3 kHz with a very complicated do not repeated spectral structure; (3) the unusual daytime peculiar discrete right-hand polarized VLF signals in the frequency range of ~6-10 kHz which were discovered after the special filtration of impulsive sferics; (4) the morning unstructured VLF left-hand polarized hiss at ~4-11 kHz and some others VLF emissions. The most part of the discussed VLF events were observed under very quiet geomagnetic conditions and only in the winter season. Some of quasi-periodic VLF emissions may be attributed to the auto-oscillations of the Earth radiation belts cyclotron instability which developed in the V.Yu. Trakhtengerts and P.A. Bespalov works. However, a possible theoretical interpretation of the rest unusual signals remains unknown.

Conjugated observations of NOAA POES and spacecraft in the near-equatorial magnetosphere during EMIC wave events

T.A. Popova, T.A. Yahnina, A.G. Yahnin

Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia

NOAA POES observations of energetic proton fluxes equatorward from the proton isotropic boundary are found to be conjugated with EMIC wave events registered by THEMIS, Cluster and Van Allen Probes near the equatorial plane of the magnetosphere. This fact provides direct evidence that such proton precipitation appears as a result of the ion-cyclotron instability. Also, on the basis of THEMIS observations we discuss the cold plasma and magnetic field conditions in the source region during the wave generation. Independently on the conditions and wave characteristic in the magnetosphere, the proton precipitation is always observed at the low altitude. Thus, the observations of the proton precipitation by low-orbiting satellites can be used to monitor the EMIC wave source region in the near-Earth magnetosphere.

Waves, wave-particle interaction

Dayside sub-oval precipitation of energetic protons: A statistical study and comparison with EMIC wave observations in the magnetosphere

N.V. Semenova, T.A. Yahnina, A.G. Yahnin

Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia

The precipitation of energetic protons is often observed equatorward from the isotropy boundary and, presumably, indicates the process of the ion-cyclotron interaction. Besides previously studied localized precipitation of energetic protons (LPEP), a precipitation pattern with dimensions of several degrees in latitude and several hours of MLT can be observed as well. On the basis of the NOAA POES observations we constructed a map of the occurrence of this wide precipitation. It is found mainly on the dayside with the maximal occurrence in the afternoon hours. The precipitation area maps onto the equatorial plane well outside the plasmapause. The comparison of the distribution of the precipitation occurrence with that of EMIC waves in the magnetosphere demonstrates a good similarity. This comparison as well as some case studies confirms that, indeed, the wide proton precipitation on the dayside is the result of the ion-cyclotron interaction.

Whistler-mode wave propagation and resonant interaction with energetic particles in the magnetosphere: A review

D.R. Shklyar

Space Research Institute of RAS, Profsoyuznaya str. 84/32, 117997, Moscow, Russia

Basic concepts related to the subject of the report are presented. The notions discussed in relation to whistler-mode wave propagation include: the index of refraction, the dispersion relation, and the wave polarization; the surface of refraction index, the wave group velocity, Gendrin angle and Storey's theorem. Wave transition to quasi-resonant regime of propagation, the lower-hybrid-resonance reflection and their role in formation of magnetospherically reflected whistlers receive due consideration. Examples of whistler-mode ray trajectories obtained with the help of numerical solution of the equations of geometrical optics illustrate the presentation.

The analysis of resonant interaction between whistler-mode waves and resonant particles starts with the basic concept that assumes that the interaction involves the wave and non-resonant particles, described by Hermitian part of the dielectric tensor, as one component of the interaction system; and resonant particles, which determine the wave growth or damping, as another one. Further consideration of resonant interaction includes the derivation of resonance conditions for parallel and oblique wave propagation, the equation for the wave field, and the equations of motion for resonant particles that constitute the characteristic set of the corresponding kinetic equation. The notion of phase trapped and phase untrapped particles is recalled. The role of plasma and the ambient magnetic field inhomogeneity in resonant wave-particle interaction, especially in particle energization, is discussed in particular.

Simultaneous observations of quasiperiodic VLF emissions by the RBSP satellites and on the ground

E.E. Titova¹, B.V. Kozelov¹, A.G. Demekhov², J. Manninen³

¹*Polar Geophysical Institute, Kola Science Center, Russian Academy of Sciences, Apatity, Russia*

²*Institute of Applied Physics, Russian Academy of Sciences, Nizhnii Novgorod, Russia*

³*Sodankyla Geophysical Observatory, Finland*

Many of the properties of quasiperiodic (QP) VLF emissions were explored in earlier ground-based experiments. In recent years, the characteristics of QP emissions were extensively studied by low-orbiting satellites and at large distances from the Earth. We present a case study of a QP event observed simultaneously by the RBSP-A satellite in the equatorial region and on a ground station in northern Finland ($L = 5.3$).

Quasiperiodic VLF emissions were observed by the RBSP-A satellite on 25 January 2013 after 23 UT for an hour in the L shells $L = 3 - 4.5$ in the night sector (22-23 MLT). The satellite was near the equator ($MLAT = 5^\circ - 7^\circ$) and moved toward higher latitudes. The upper frequency of QP emissions increased from 4.5 kHz to 6.5 kHz and the time interval between the QP elements decreased from 5 min to 2.5 min. Simultaneous observations of VLF

emissions at the Kannuslehto station in Northern Finland showed a one-to-one correspondence between the QP elements detected by RBSP-A and on the ground. This means that an increase in the frequency and decrease periods of QP emissions were not associated with the position of the satellite in space, they were purely temporary. They could be related with the development of an intense substorm ($AE \approx 400$ nT) in the night sector. A satellite RBSP showed the increase of the flux and anisotropy of electrons with energies of 3-30 keV, which may be responsible for generating the observed QP emissions. The possible position of source and generation mechanism of quasiperiodic regime are discussed on the basis of the observed properties of QP emissions and their relation with the characteristics of energetic electrons.

This work was partially supported by the Program 9 of the Presidium of the Russian Academy of Sciences. The authors thank the developers of the RBSP project for the opportunity of using its data.

Electron interaction with TDS in the outer radiation belt

I.Y. Vasko¹, A.V. Artemyev¹, O.V. Agapitov², F. Mozer²

¹*Space Research Institute of Russian Academy of Science, Moscow*

²*Space Science Laboratory, University of California, Berkeley*

TDSs (time domain structures) represent localized electrostatic spikes observed by Van Allen Probes in the outer radiation belt. TDSs are usually observed in series including up to thousand of spikes. We consider the interaction of electrons with TDSs and determine the evolution of the electron distribution function resulting from this interaction. We show that this evolution is determined by electron reflections from TDSs in vicinities of electron mirror points. The modeling results are compared with observation of Van Allen Probes.

Laboratory studies of kinetic instabilities under double plasma resonance condition in a mirror-confined non-equilibrium plasma

M.E. Viktorov, S.V. Golubev, D.A. Mansfeld, V.V. Zaitsev

Institute of Applied Physics RAS, Nizhny Novgorod, Russia

Study of kinetic instabilities of non-equilibrium plasma produced in an open magnetic trap by powerful microwave radiation under electron cyclotron resonance (ECR) conditions is of fundamental interest including prospects to simulate physical processes in the solar corona, in the magnetospheres of Earth and other planets. For example, plasma instabilities in magnetic traps on the Sun are the sources of powerful broadband radio emission (the so-called type IV bursts) which is interpreted as the excitation of plasma waves by fast electrons in the upper hybrid resonance frequency followed by transformation in electromagnetic waves, for example, as a result of scattering by thermal ions. In the case of double plasma resonance condition when frequency of the upper hybrid resonance coincides with one of the electron gyrofrequency harmonics the instability growth rate of plasma waves is greatly increased. This leads to the appearance of bright narrow-band radio emission near the harmonics of the electron gyrofrequency – the so-called zebra patterns. It should be noted that the possible manifestations of double plasma resonance effect are not rare in astrophysical plasmas. The phenomenon of zebra pattern is observed not only on the Sun, but in the decametric radiation of Jupiter, VLF radiation of the Earth's magnetosphere and even in the radio emissions of pulsars. In connection with the above, verification of the effect of double plasma resonance in a laboratory plasma experiments is a very relevant task.

With the use of non-equilibrium mirror-confined plasma produced by the ECR discharge we provide the possibility to study plasma instabilities under double plasma resonance condition in the laboratory. In the experiment such conditions are fulfilled just after ECR heating switch-off, i.e. in the very beginning of a dense plasma decay phase. The observed instability is accompanied by a pulse-periodic generation of a powerful electromagnetic radiation at a frequency close to the upper hybrid resonance frequency and a second harmonic of the electron gyrofrequency, and synchronous precipitations of fast electrons from the trap ends. It is shown that the observed instability is due to the excitation of plasma waves at a double plasma resonance in decaying plasma of the ECR discharge. Also a pulse-periodic regime of the observed instability is discussed.

The work has been supported by RFBR (grant No. 14-02-31521) and the Presidential Council for Young Russian Scientist Support.

Relativistic electron precipitation: Dependence on geomagnetic activity

T.A. Yahnina, N.V. Semenova, A.G. Yahnin (*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*)

Using the data from NOAA POES constellation we considered relativistic electron precipitation (REP) observed during three 38-day intervals. The intervals occurred in 2005, 2009, and 2011 and were characterized by different level of geomagnetic activity. The average AE index was equal to 239 nT, 73 nT, and 155 nT, respectively. Three types of REP events were revealed during each interval: 1) REP at the outer limit of trapped population forming the isotropic boundary; 2) REP associated with energetic electron precipitation; 3) REP associated with both energetic electron and proton precipitation. Morphological features and the relation to the cold plasma density in the magnetosphere suggest that the REP events belonging to different groups have different generation mechanisms. The total amount of the REP events as well as the relative occurrence of the events in each group was found to be minimal in 2009, and maximal in 2005. An upward trend during the increase of geomagnetic activity was found within each interval for each of the REP group. Also, the intensity of the REP flux tends to increase when geomagnetic activity increases. At the same time, the precipitation of relativistic electrons disappeared during the main phase of a strong geomagnetic storm.

Chirplet transform as the useful tool for study the time-frequency structure of geomagnetic pulsations

N.R. Zelinsky, N.G. Kleimenova

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

The term chirplet transform was coined in beginning of 90-th by *Mann and Haykin [1991]* to describe a windowed portion of a chirp function which represents an extension of the well-known wavelet transform. A chirplet may be regarded as a "piece of a chirp" (windowed swept-frequency wave) in the same manner as a wavelet could be regarded as a "piece of a wave" (windowed tone). Chirplet transform can be useful for an analysis of a non-stationary signal with a time-varying frequency and slowly varying amplitude [*Mann and Haykin, 1995*]. Chirplet transform has been applied in time-frequency studies of rotary machine, power system, speech, wind turbine, and others including the whistler analysis [*Mihovilovic and Bracewell, 1992*]. Chirplet gives an improved resolution, through more accurate instantaneous frequency (IF) estimation [*Yang et all., 2012*], in contrast with the short-time Fourier transform, and clearly displays the details that are hidden in the traditional time-frequency diagram, so called dynamic spectrogram.

Here we present a result of the first applying of the generalized Warblet transform, i.e. chirplet transform specifically designed to analyze the frequency-modulated signal with periodic IF law [*Peng et all., 2011; Yang et all., 2012*], to study the time-frequency structure of the multi-station geomagnetic pulsation in the frequency ranges of *Pi2* (8-20 mHz) and *Pc5* (2-7 mHz). The pulsations were collected from 10-seconds sampled Scandinavian IMAGE profile and 1-second sampled INTERMAGNET network. It was revealed some local latitudinal and longitudinal difference of geomagnetic *Pi2* pulsations, observed during two early morning substorms (08.12.2013). The strong distinctions were also found in the thin structure of the latitudinal spaced *Pc5* waves during the recovery phase of the strong magnetic storm (01.04.201).

References

- Mann S., Haykin S.* The Chirplet transform: A generalization of Gabor's logon transform // Proc. Vision Interface, 205–212, Jun 1991.
- Mann S., Haykin S.* The chirplet transform: Physical considerations // *IEEE Trans. Signal Process.*, v. 43, no. 11, pp. 2745–2761. 1995.
- Mihovilovic D., Bracewell R.N.* Whistler analysis in the time–frequency plane using chirplets // *J. Geophys. Res.*, v. 97, no. A11, pp. 17 199–17 204. 1992.
- Peng Z.K., Meng G., Lang Z.Q., Chu F.L., Zhang W.M.*, Polynomial Chirplet transform with application to instantaneous frequency estimation // *IEEE Transactions on Measurement and Instrumentation*, v. 60, pp. 3222–3229. 2011.
- Yang Y., Peng Z.K., Meng G., Zhang W.M.*, Characterize highly oscillating frequency modulation using generalized Warblet transform, *Mechanical Systems and Signal Processing*, v. 26, pp. 128–140, 2012.

Особенности частотной зависимости поляризации многополосных пульсаций Pc1

Е.Н. Ермакова¹, А.Г. Яхнин², Т.А. Яхнина², А.Г. Демехов³, Д.С. Котик¹

¹*Научно-исследовательский радиофизический институт Н. Новгород, Россия.*

²*Полярный геофизический институт, г. Анадырь, Россия,*

³*Институт прикладной физики РАН, г. Н.Новгород, Россия,*

Исследована динамика и структура спектров поляризации для различных событий долгоживущих многополосных излучений в диапазоне Pc1. Анализировались спектры поляризационного параметра и азимутального угла, определяющего пространственную ориентацию эллипса поляризации пульсаций Pc1. Для исследований привлекались низкочастотные данные среднеширотных станций, высокоширотной станции Ловозеро, данные финской цепочки магнитометров и данные низкоорбитальных спутников NOAA по регистрации локализованных высываний энергичных протонов (ЛВЭП). Обнаружено:

- В период регистрации одиночных ЛВЭП отсутствовала частотная зависимость параметра поляризации и азимутального угла внутри частотных полос излучения Pc1, как на частотах выше, так и ниже гирочастоты ионов гелия в экваториальной зоне магнитосферы.

- В период регистрации множественных ЛВЭП обнаружено неоднородное распределение поляризации на частотах Pc1, наиболее ярко выраженное в более низкочастотной полосе (на частотах ниже гирочастоты ионов гелия). В эти же периоды обнаружены резкие временные вариации параметра поляризации и азимутального угла, наиболее ярко проявившиеся на высокоширотных станциях.

- В более высокочастотной полосе Pc1 (выше гирочастоты ионов гелия) обнаружено более однородное распределение величины поляризационного параметра и азимутального угла, что, по-видимому связано с тем, что во всех областях ионно-циклотронной генерации, которые связаны с зарегистрированными ЛВЭП, существовала высокая анизотропия питч-углового распределения энергичных протонов, и вклад таких областей в формирование высокочастотных полос был несущественен.

Таким образом, частотная зависимость поляризации долгоживущих многополосных Pc1 и ее сильные временные вариации при наземной регистрации могут быть индикатором наличия множественных областей неустойчивости, имеющих разные геомагнитные координаты.

The Sun, Solar Wind, Cosmic Ray



AB 03.2014

The painting by M.I. Beloglazov

Method flare current sheet search in the magnetic field obtained by MHD simulation above the active region

A.I. Podgorny¹, I.M. Podgorny²

¹*Lebedev Physical Institute RAS, Moscow, Russia, podgorny@lebedev.ru*

²*Institute for Astronomy RAS, Moscow, Russia*

Numerical magnetohydrodynamical (MHD) simulation above the real active region shows creation of a current sheet in the corona. The flare energy is stored in the magnetic field of this current sheet. Decay of current sheet causes the explosive energy release in the corona. According to the solar flare electrodynamical model a source of thermal X-ray emission with energy release $\sim 10^{31}$ erg situates in the current sheet. Plasma heating in the sheet occurs due to energy dissipation of the sheet magnetic field. The RHESSI spacecraft data show fast heating of the plasma with concentration $\sim 10^{11}$ cm⁻³ to the temperature of more than thirty million degrees. In the numerical simulation of current sheet creation no assumptions about the flare mechanism have been done, all conditions were taken from observations. For setting of boundary conditions on the photosphere the charts of the magnetic field obtained by MDI device of RHESSI spacecraft are used. Calculations starts several days before the flare, when strong disturbances in corona are absent, so for setting initial conditions it is possible to use the potential magnetic field calculated in the corona. Due to complexity of the magnetic field above an active region, which does not permit to find the current sheet by more easy way, it is necessary to develop the special method of current sheet search in the magnetic field which is found by numerical method in the corona. The method of search is based on the property of the current sheet, according to which the local maximum of the current density absolute value is located in the current sheet center. In any selected plane, which can be placed arbitrarily in the space in the computational domain, the lines of absolute values of current density are constructed. Furthermore, in this plane all positions of local maxima of the current density in the plane and projections of all positions of the local maxima of the current density in the space on the plane are marked. Marked points are located at the intersection of current sheets with the plane, or they are corresponded centers of current sheets. In order to be able to present the current density distribution in the space, the selected plane can be easily moved in the perpendicular to the plane direction with automatic rearrangement of lines of levels and positions of the current density maxima. The program can easily define information about any marked point of the maximum. It can be outputted the coordinate value of that point in any chosen coordinate system and the calculated values of all the variables in this point. In order to determine whether a given point of the current density maximum that corresponds the current sheet center or simply corresponds to an increase of the current density as a result of some disturbance, the program offers the possibility to build the configuration of the magnetic field in the vicinity of the selected point of the current density maximum at any arbitrarily rotated coordinate system. Typically, in first turn it is expected to build a configuration of the magnetic field in a plane containing the selected point of the current density maximum which is situated perpendicular to the magnetic field in this point. The current sheet should be the most clearly presented in such a plane. The developed variant of the search system of is used now for study of the solar flares physics.

Solar cosmic ray acceleration and propagation

I.M. Podgorny¹, A.I. Podgorny²

¹*Lebedev Physical Institute RAS, Moscow, Russia*

²*Institute for Astronomy RAS, Moscow, Russia, podgorny@inasan.ru*

Previously executed jointly with E.V. Vashenyuk and Yu. Balabin studies of relativistic protons, arriving to the Earth after a flare, have showed that proton acceleration accompanying solar flare occurs in the flare current sheet along a singular line of the magnetic field. The protons accelerated in the current sheet have an exponential spectrum. From the analysis of the spacecraft long-term GOES measurements of protons with energy of 10 - 100 MeV it follows that the characteristics of accelerated protons reaching the Earth's orbit depend on the flare position on the solar disk. The so-called fast proton component comes to Earth with a sharp (~ 5 min) front. This fast component is arrived from flares that occurred on the Western part of the solar disk with a delay determined by the time of flight of particles without collisions. The proton Larmor radius in the interplanetary space is much less than the distance from the Earth to the Sun. This means that the particles of the fast components come to Earth along magnetic field lines. For western flares such lines are lines of an Archimedean spiral. Protons, which are not captured on the magnetic lines that go to the Earth, are transferred across the field lines with the solar wind velocity and diffuse due to scattering on inhomogeneities of the magnetic field. Traveling of the protons stream lasts 2 - 3

The Sun, solar wind, cosmic rays

days, which corresponds to the average velocity of transfer of $\sim 5 \cdot 10^8$ cm/s. The front of proton flux from flares appeared on the Eastern part of the disk is gently sloping. Its duration is more than 10 hours. The protons of such flares begin to register with the delay more than three hours. The fast component, which comes from the Western flares with a steep front, is arrived with a delay less than 20 minutes. The fast component is not recorded by the GOES spacecraft from flares that occurred in the Eastern part of the solar disk. Particles from flares that occurred in the Eastern part of the solar disk can't get on the magnetic field line connecting the flare and the Earth. These particles reach the Earth moving across the interplanetary magnetic field. The particles captured by the magnetic field are carried by the solar wind because the interplanetary magnetic field is frozen in the plasma and due to particle diffusion across the field. In the very rare cases the fast component from the Western flares is not recorded by the device GOES. This happened when the powerful flares and coronal mass emissions appeared before a proton event. The magnetic field configuration becomes disturbed, and the flux of protons propagating along the field lines could not reach the Earth's magnetosphere. There is no need to explain the fast and delayed component generation by two different mechanisms of proton acceleration (acceleration in the flare and acceleration in the shock wave), because a part of fast protons comes to the Earth along the lines of the magnetic field and forms a fast component, and the other part of protons is propagating across the field,. The observed facts are explained by a single mechanism of proton acceleration in the current sheet.

White light solar corona during the MiniMax24 at the November 14, 2012 total solar eclipse

P. Stoeva¹, A. Stoev¹, S. Kuzin², B. Benev¹, A. Pertsov²

¹*Space Research and Technology Institute, Bulgarian Academy of Sciences, Stara Zagora Department*

²*Lebedev Physical Institute, RAS, Moscow, Russia*

White-light solar corona is observed half a year before the MiniMax24, during the November 14, 2012 total solar eclipse in Australia WL images show the continuum K-corona that result from scattering of photospheric light by electrons in the corona.

Photos were made with different exposures in order to obtain high-resolution composite image of the white light corona, which allows us to reveal its small- and large-scale structures. The eclipse observations were compared with near-simultaneous SOHO EUV and SOHO LASCO visible-light coronagraphic images.

Analysis of the Ludendorf flattening index (0.024) and phase of the solar cycle (+0.87) shows that white light corona is solar maximum type – the shape is spherical with many streamers located at all azimuths around the occulted disk.

Observations of the November 14, 2012 total solar eclipse give us the possibility to investigate solar corona structure during this unique minimal maximum of the solar activity cycle and compare it with previous eclipse observations during maximum.

Сравнительный анализ барического отклика нижней атмосферы северного и южного полушарий на форбуш-понижения ГКЛ

И.В. Артамонова¹, Н.Г. Макаренко²

¹*Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Войкова, С.-Петербург, Россия*

²*Главная астрономическая обсерватория РАН, С.-Петербург, Россия*

В работе рассмотрены изменения давления на основных изобарических уровнях тропосфера в ходе форбуш-понижений галактических космических лучей (ГКЛ). Вариации давления исследованы с использованием данных «реанализа» NCEP/NCAR, форбуш-понижения отобраны на основании данных нейтронного монитора станции Апатиты. Проведён сравнительный анализ барического отклика тропосферы на возмущающее влияние форбуш-понижений ГКЛ в теплый и холодный сезоны года для северного и южного полушарий. Показано, что максимальные изменения давления наблюдаются в приземном слое (1000 гПа) в течение наиболее холодного периода года для соответствующего полушария.

События GLE: некоторые общие закономерности

Ю.В. Балабин, Б.Б. Гвоздевский, А.В. Германенко, Э.В. Ващенюк (*Полярный геофизический институт, Анадырь*)

На основе имеющегося массива данных о событиях солнечных космических лучей (СКЛ или GLE) за период 1956-2012 гг проведено исследование распределений энергетических характеристик событий СКЛ. В распределениях имеется явно выраженный максимум, соответствующий типичным значениям. Кроме того, при переходе от дифференциальных энергетических спектров к полному потоку энергии, переносимой солнечными космическими лучами, распределения сужаются. Это означает, что несмотря на разнообразие форм и амплитуд в событиях СКЛ, полная энергия, переносимая СКЛ, примерно остается постоянной.

Магнитные облака солнечного ветра как причина высокоширотной геомагнитной активности

Н.А. Бархатов¹, А.Е. Левитин², Е.А. Ревунова³, А.Б. Виноградов¹

¹*Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина*

²*Институт земного магнетизма, ионосфера и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкина, Троицк-Москва*

³*Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет*

В данной работе устанавливается связь глобальной и высокоширотной геомагнитной активности с магнитными облаками солнечного ветра, с учетом существования у облаков ударных волн и турбулентных оболочек. Собственные исследования геоэффективности магнитных облаков [1] и аналогичные результаты других авторов [2] показали, что облака с ударными волнами и оболочками обладают большей возможностью вызывать геомагнитные возмущения. Следовательно, при прогнозе интенсивности геомагнитных возмущений следует учитывать это обстоятельство. Высокая скорость протекания физических процессов в ударных волнах и оболочках облаков и соответствующих им геомагнитных возмущений, включая суббуревые явления, обуславливает необходимость использования 1-минутных данных. Выполненное исследование основано на сопоставлении динамики параметров межпланетной среды на ударной волне, в оболочке и теле магнитных облаков с динамикой аврорального AL-индекса и Dst-индекса глобальной геомагнитной активности. В работе рассмотрено 16 выбросов, определенных в литературе и каталогах как магнитные облака. Отбор облаков проводился при условии существования у них турбулентной оболочки с ударной волной. При сопоставлении анализируемых динамик учитывалось время переноса потока от спутника до границы магнитосферы. Оно вычислялось индивидуально для каждого события, как среднее значение времени за интервал, содержащий ударную волну и оболочку магнитного облака.

В результате установлено, что наиболее часто источником глобальных возмущений становится комбинация оболочки и тела, вызывая классические интенсивные или многошаговые бури. Оболочка сама может быть причиной, как правило, слабых или умеренных геомагнитных бурь. Вместе с тем она является первоначальным источником суббуревой активности. Суббуревая активность, вызванная непосредственно ударной волной, отмечена нами только для трех облаков с особенно высокой скоростью. Затем ее развитие продолжает обеспечиваться и параметрами тела облака. В работе обращено внимание на возможность вклада поперечной Br компоненты ММП потока солнечного ветра, измененной при проникании за ударную волну, в геоэффективную Bz компоненту магнитного поля турбулентной оболочки. В большинстве рассмотренных случаев за счет существования в потоке солнечного ветра Bz и By компонент ММП отмечено увеличение Br на ударной волне в среднем в 5 раз, что стимулирует геомагнитные возмущения. Таким образом, результаты проведенного исследования показывают, что основную роль в высокоширотной активности играют изменения параметров околоземной среды за ударной волной, т.е. в оболочке магнитного облака. Именно она становится источником суббуревой активности и дает старт глобальной магнитной буре, развитие которой обеспечивается параметрами тела магнитного облака.

1. Бархатов Н.А., Левитин А.Е., Ревунова Е.А. Классификация комплексов космической погоды с учетом типа солнечного источника, характеристик плазменного потока и создаваемого им геомагнитного возмущения // Геомагнетизм и аэрономия. Т. 54. № 2. С. 185-191. 2014.

2. Клейменова Н.Г., Козырева О.В., Шотт Ж.Ж. Волновой геомагнитный отклик магнитосферы на подход к Земле межпланетного магнитного облака (14-15 июля 2000 г., “BASTILLE DAY EVENT”) // Геомагнетизм и аэрономия. Т. 43. №3. С. 321-331. 2003.

The Sun, solar wind, cosmic rays

Исследование эффективности взаимодействия ионизирующего излучения вторичных КЛ с веществом атмосферы Земли

Е.А. Маурчев, Ю.В. Балабин, Б.Б. Гвоздевский (*Полярный геофизический институт, Апатиты*)

В данной работе на основе предыдущих вычислений интенсивности потоков вторичных космических лучей с помощью GEANT4 исследуются вклады различных частиц (протоны, мюоны, электроны, позитроны) в процесс ионизации вещества атмосферы Земли. Рассматриваются высотные профили данного процесса, а также проводится расчет поглощенной дозы излучения. Полученные данные сравниваются с результатами других авторов.

Изменение космического климата

Д.И. Понявин

Санкт-Петербургский Государственный Университет, Санкт-Петербург, Россия
dronyavin@mail.ru

По аналогии с обычной погодой и климатом, космическая погода характеризуется «мгновенным» срезом состояния геоэффективных внеатмосферных параметров, а космический климат определяется их средними значениями за достаточно длительный период времени. Солнечная активность, во многом управляющая космической погодой и климатом, тесно связана с солнечными пятнами. Геомагнитная активность контролируется солнечным ветром и межпланетным магнитным полем. В свою очередь солнечный ветер формируется в корональных дырах, областях открытой конфигурации магнитного поля на Солнце. Квазистационарную структуру солнечного ветра возмущают высокоскоростные потоки, вызываемые корональными выбросами масс, что приводит при определенных условиях к геомагнитным бурям. Магнитное поле Солнца эволюционирует в солнечном цикле, демонстрируя свою зависимость от пятнообразательной деятельности. В докладе анализируется солнечно-земные связи в настоящее время и в прошлом с целью обнаружения долговременных трендов изменения космического климата. Исследуются схожие сценарии поведения и возможность прогноза солнечной и геомагнитной активности.

Сопоставление одновременных измерений плазмы и магнитного поля в солнечном ветре и в магнитослое на различных расстояниях от магнитопаузы

Л.С. Рахманова¹, М.О. Рязанцева^{1,2}, Г.Н. Защенкер¹

¹*Институт Космических Исследований Российской Академии Наук (ИКИ РАН), Москва, Россия*

²*Научно-исследовательский Институт Ядерной Физики имени Д.В. Скobelцына Московского Государственного Университета имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия*

Структуры плазмы и магнитного поля солнечного ветра оказывают сильное влияние на магнитосферу Земли, однако необходимо учитывать их изменения (порой существенные) в переходной области – магнитослое. В данной работе для оценки степени изменения этих структур в магнитослое используются коэффициенты корреляции параметров плазмы, рассчитанные по одновременным данным двух близко расположенных спутников, пребывающих в солнечном ветре и в магнитослое. Анализируются более 300 часов одновременных измерений двух спутников проекта THEMIS, первый из которых находится в солнечном ветре, а второй – в магнитослое. Установлено, что наиболее существенными факторами, влияющими на корреляцию, являются плотность плазмы солнечного ветра и модуль межпланетного магнитного поля, угол между нормалью к околоземной ударной волне и направлением межпланетного магнитного поля - θ_{BN} - и амплитуды структур плазмы и магнитного поля. В данной работе проведен детальный анализ зависимостей коэффициента корреляции от указанных факторов для различных случаев расположения спутника в магнитослое по отношению к магнитопаузе и околоземной ударной волне. При этом получено, что зависимости коэффициента корреляции от плотности плазмы солнечного ветра и модуля межпланетного магнитного поля оказываются сходными на различных расстояниях от магнитопаузы.

Ionosphere and Upper Atmosphere



The painting by M.I. Beloglazov

The response of the nighttime aurora to the negative SI impulse

V.B. Belakhovsky, V.G. Vorobjev (*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*)

In this study we consider in detail the response of the nighttime aurora to the sudden decrease of the solar wind dynamic pressure for the event 28 September 2009 using NORSTAR meridian-scanning photometers (MSP), THEMIS all-sky imagers (ASI). Practically simultaneously with the development of the negative SI impulse determined by SYM-H index variations was seen the appearance of the aurora arc on some ASI stations (SKNQ, KUJJ). The poleward propagation of this aurora arc was observed. Approximately 10 min later after negative SI an abrupt decrease of the diffuse aurora intensity was observed on GILL MSP at 557.7, 630.0 nm emissions. There is no distinct response in CNA to the negative SI impulse on the NORSTAR riometers was observed. So we suppose that the aurora response to the negative SI impulse have complicated character. Namely the negative SI impulse may be the trigger for the generation of the aurora arcs due to development of the FLR. At the same time it may cause the sudden decrease of the diffuse aurora intensity due to non-adiabatic expansion of the magnetosphere.

Nonstationary acceleration of GPS/GLONASS phase in the polar ionosphere

V.V. Demyanov¹, T.V. Kashkina¹, Yu.V. Yasyukevich²

¹*Irkutsk State Railway Transport Engineering University, Irkutsk, Russia*

²*Institute of Solar-Terrestrial Physics, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia
e-mail: sword1971@yandex.ru*

Currently polar ionosphere is of great interest. This is connected with creation of global model of ionospheric storms and providing stable navigation in polar region. Currently dual- and multi-frequency GNSS phase measurements have been utilized widely and these measurements combination yields us current TEC-values along all SV's line-of-sights in view. One of the main parameters is stability of phase measurements and their noise level.

We carry out the GNSS signal monitoring campaign under the polar ionosphere condition (in Taimyr cape, Russia) in 2013. JAVAD Delta-G3T receiver was used. We observed amount of the rapid and sharp phase acceleration variations. The absolute value of these variations were as much as 30-40% up to 2-2.5 times higher in comparison the background level for both GPS and GLONASS signals. In some cases we found a strong positive correlation between the phase acceleration variations and TEC variations in the variation frequency band of 0.08-1 Hz. It is well known that this frequency band relates to the 1-st Fresnel zone sized ionospheric irregularities. On the other hand we found some cases when there was no an obvious correlation between the 0.08-1 Hz TEC- variations and the phase acceleration variations. In these cases the phase acceleration variations could be inspired by the SV's reference oscillator frequency drift.

This study was supported by the Grant of the Russian Scientific Foundation (Project No. 14-37-00027).

Main ionospheric trough for different levels of solar activity

A.T. Karpachev¹, V.V. Klimenko², M.V. Klimenko^{2,3}, L.V. Pustovalova¹

¹*Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation, RAS, Moscow, Russia, e-mail: karp@izmiran.ru*

²*West Department of Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation, RAS, Kaliningrad, Russia, e-mail: vvk_48@mail.ru*

³*Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia*

The results based on the Global Self-consistent Model of the Thermosphere, Ionosphere, Protonosphere (GSM TIP) and empirical median model of the shape and position of the Main Ionospheric Trough (MIT) in the Northern and Southern Hemispheres are presented. The empirical model is based on the topside sounding data of the Intercosmos-19 satellite (about 2000 passes in both hemispheres) and in situ electron density N_e measurements onboard the low-orbiting CHAMP satellite (more than 20 000 passes) for high and low solar activity, accordingly. The model is applicable to the quiet geomagnetic conditions ($K_p=2$), the night-time (18:00 – 06:00 LT), the winter season (November–February in the Northern Hemisphere and May–August in the Southern Hemisphere), and different levels of solar activity ($F_{10.7}=70$ –250). Model describes the dependence of trough minimum position on the local time (LT) and longitude. The resulting analytical dependence on local time and longitude for the night MIT

Ionosphere and upper atmosphere

minimum position describes its more precisely in comparison with other models. The online version of the MIT model is presented at the IZMIRAN website. Another objective of our study is to check the possibility of the first principles GSM TIP model for reproduction the main morphological features of the MIT. The manifestation of the main ionospheric trough (the light ion trough) in the total, ionospheric and protonospheric electron content is considered. Despite the fact that the MIT in the $F2$ layer peak electron density, light ion trough and their manifestation in the total electron content are in general qualitatively similar each other, there are also some significant differences between them. We discussed the reasons of these differences on the basis of analysis in detail the GSM TIP model results.

This study was financially supported by RFBR Grant No. 14-05-00788.

Inhomogeneous structure of the upper ionosphere according to the Intercosmos-19

A.T. Karpachev, V.A. Telegin, G.A. Zhbakov (*Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation of RAS, Moscow, Troitsk*)

Inhomogeneous structure of the upper ionosphere according to Intercosmos-19 topside sounding data is discussed. On the topside sounding ionograms of Intercosmos-19 the ionospheric plasma inhomogeneities appear as unusual, additional traces of HF radio signal reflections. The interpretation of such complicated ionograms was performed using the ray tracing calculations by the method of the characteristics. The ray tracing allows to determine that the unusual traces of the radio signal reflections are associated with the inhomogeneities of different scales. Inhomogeneities of the ionospheric plasma can be classified as large-scale (the main ionospheric trough, equatorial anomaly, the Yakutsk and Weddell Sea anomalies), medium-scale (including mid-latitude peaks and holes of the electron density and the waveguides in the equatorial ionosphere), and small-scale inhomogeneities, responsible for the F-spread. The reasons of the formation of the ionospheric plasma inhomogeneities are discussed.

The similarities and differences between longitudinal variations of the ionospheric plasma density in the middle, auroral, and high latitudes

V.V. Klimenko¹, M.V. Klimenko^{1,2}, K.G. Ratovsky³, A.T. Karpachev⁴, I.E. Zakharenkova⁵, A.M. Vesnin⁶, I.A. Galkin⁶, Yu.V. Yasyukevich³, A.A. Mylnikova³, D.S. Kotova²

¹ *West Department of Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation, RAS, Kaliningrad, Russia, e-mail: vvk_48@mail.ru*

² *Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia*

³ *Institute of Solar-Terrestrial Physics, SB RAS, Irkutsk, Russia*

⁴ *Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation, RAS, Moscow, Russia*

⁵ *Institut de Physique du Globe de Paris, Paris, France*

⁶ *UML Center for Atmospheric Research, University of Massachusetts Lowell, Lowell, MA, USA*

One of the most important properties of the ionosphere-plasmasphere system is its longitudinal variability. As it is well known the longitudinal variations in the ionospheric electron density at mid- and high-latitudes have a number of similarities and differences. We discuss and present the brief review of the recent advances and outstanding problems in this important scientific issue. Another objective of our study is to check the possibility of the first principles Global Self-consistent Model of the Thermosphere, Ionosphere and Protonosphere (GSM TIP), empirical International Reference Ionosphere (IRI) model, and IRI Real-Time Assimilative Mapping (IRTAM) for reproduction the main morphological features of the longitudinal variations of the electron density in the ionosphere-plasmasphere system. For this purpose, we compared the GSM TIP, IRI and IRTAM model results with different satellite and ground-based observations. The GSM TIP model takes into account such feature as the mismatch between geographic and geomagnetic axes, as well as dynamical processes in the ionosphere-plasmasphere system: (1) plasma transport along geomagnetic field lines produced by thermospheric winds through neutral-ion collisions, (2) the zonal and meridional electromagnetic plasma drift, and (3) plasma diffusion along geomagnetic field lines. It should be noted that mentioned above feature and dynamical processes must be always taken into account in first principles models for adequate description of the longitudinal variations in ionospheric and protonospheric electron density in the middle, auroral, and high latitudes. We tried to identify the main morphological features of the longitudinal variations in the F layer peak electron density, ionospheric, protonospheric and total electron content during 2009 winter solstice from middle to high latitudes. The manifestation of the Weddell Sea anomaly and longitudinal structure of the main ionospheric trough (the light ion trough) and tongue of ionization in the total, ionospheric and protonospheric electron content are considered. In

addition, we compared the longitudinal dependence of seasonal variations in the *F2* layer peak electron density and total electron content at a number of mid-latitude stations in the Northern and Southern hemispheres for the year 2009, according to the GSM TIP model results and observational data of the ground network GPS receivers and ionosondes. Despite the fact that in general the longitudinal variations in the *F2* layer peak electron density and total electron content are qualitatively similar each other, between them there are also some significant differences. We discuss the reasons of these differences on the basis of analysis of GSM TIP model results in detail. The electron density variability in the ionosphere-plasmasphere system is closely related to the variation in solar and geomagnetic activity. We also discussed this issue.

This study was financially supported by Grants from the President of the Russian Federation MK-4866.2014.5 (M.V. Klimenko, I.E. Zakharenkova, D.S. Kotova) and RFBR No. 14-05-00788 (V.V. Klimenko, A.T. Karpachev) and No. 14-05-00578 (K.G. Ratovsky, Yu.V. Yasyukevich).

Numerical modeling of the influence of geomagnetic activity on the global circulation of the Earth's atmosphere for July conditions

I.V. Mingalev, V.S. Mingalev (*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*)

To investigate how geomagnetic activity affects the formation of the large-scale global circulation of the Earth's atmosphere for July conditions, the non-hydrostatic model of the global wind system of the atmosphere, developed earlier in the Polar Geophysical Institute, is utilized. The model produces three-dimensional global distributions of the zonal, meridional, and vertical components of the neutral wind and neutral gas density in the troposphere, stratosphere, mesosphere, and lower thermosphere. The peculiarity of the utilized model consists in that the internal energy equation for the neutral gas is not solved in the model calculations. Instead, the global temperature field is assumed to be a given distribution, i.e. the input parameter of the model, and obtained from the NRLMSISE-00 empirical model. Moreover, the model is non-hydrostatic, that is, not only the horizontal components but also the vertical component of the neutral wind velocity is obtained by means of a numerical solution of a generalized Navier-Stokes equation for compressible gas.

Simulations are performed for the summer period in the northern hemisphere (16 July) and for three distinct values of geomagnetic activity ($K_p=1, 4$ and 7). The simulation results indicate that geomagnetic activity ought to influence considerably on the formation of global neutral wind system in the stratosphere, mesosphere, and lower thermosphere. The influence on the lower and middle atmosphere is conditioned by the vertical transport of air from the lower thermosphere to the mesosphere and stratosphere and vice versa. This transport may be rather distinct under different geomagnetic activity conditions.

This work was partly supported by the RFBR grant 13-01-00063.

Numerical modeling of the time evolution of super-small-scale irregularities in the F-layer ionospheric plasma

O.V. Mingalev, M.N. Melnik, V.S. Mingalev (*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*)

The time evolution of the magnetic field aligned super-small-scale irregularities in the concentration of charged particles, existing in the near-Earth rarefied plasma, is studied with the help of the model simulation. The two-dimensional mathematical model, developed earlier in the Polar Geophysical Institute, has been improved by taking into account a motion of the positive ions and a new version of the model is utilized to study a behavior of initially created irregularities. The mathematical model is based on numerical solution of the Vlasov-Poisson system of equations, with the Vlasov equations describing the distribution functions of charged particles and the Poisson equation governing the self-consistent electric field. The system of equations is numerically solved applying a macroparticle method. In the new version of the mathematical model, some parameters of the numerical method have been improved.

The dynamics of the magnetic field aligned irregularity, having circular cross section, is studied, with the initial cross-section diameter being equal to twelve Debye lengths of the plasma. Inside the irregularity, the electron concentration is equal to the positive ion concentration at the initial moment, with the concentrations of charged particles being disturbed. Nevertheless, the process started from the completely electrically neutral state in all simulation region. Calculations were made using the input parameters of the model typical for the nocturnal ionospheric plasma at the altitude of 300 km. The results of simulation indicate that the mobility of the positive ions ought to influence essentially on the time evolution of the super-small-scale irregularities in the concentration of charged particles, existing in the F-layer ionospheric plasma.

This work was supported by the RFBR grant 13-01-00063.

Ionosphere and upper atmosphere

Occurrence of GPS signals phase fluctuations during auroral activity

I.I. Shagimuratov¹, S.A. Chernouss², I.I. Efishev¹, M.V. Filatov², N.Y. Tepenitsyna¹, G.A. Yakimova¹, E.M. Koltunenko¹, M.V. Shvec²

¹*West Department of IZMIRAN, RAS, Kaliningrad, Russia*

²*Polar Geophysical Institute of KSC RAS, Apatity, Russia*

The scintillations and fluctuations of trans-ionospheric radio signals is very well known indicator space weather condition. The electron density irregularities presented in high latitude ionosphere may experience phase and amplitude fluctuations of GPS signals. The low frequency GPS phase fluctuations may be directly due to electron density changes along the radio ray path, or the total electron content (TEC) changes.

In this report we analyzed space whether conditions during 2 October 2013 geomagnetic storm. Dual-frequency GPS measurements for individual satellite passes served as raw data. As a measure of fluctuation activity the rate of TEC (ROT, in the unit of TECU/min, 1 TECU=10¹⁶ electron/m²) at 1 min. interval was used (Aarons 1997). The data of GPS stations spaced in latitudinal range 67°-54°N over longitude of 20°E were involved in this investigation. The magnetograms of the IMAGE network and geomagnetic pulsations at Lovozero (68°02'N, 35°00'W) and Sodankyla (67°22'N, 26°38'W) observatories were used as indicator of auroral activity. During 2 October 2013 the strong geomagnetic field variations took place near 05UT at auroral IMAGE network. It is found that good similarities between temporary development substorm and fluctuations GPS signals. The bay-like geomagnetic variations were followed by intensive phase fluctuations at auroral and subauroral stations. The strong short-term phase fluctuations were also found out at middle latitude Kaliningrad stations near 05UT which was occurred to maximal intensive geomagnetic bay variations. It bring in evidence that in the time the auroral oval displacement to equator. The fluctuations were registered on latitudes near 58°-59°N. The GPS stations with geomagnetic coordinates higher than 55°N and different longitudes were used for spatial temporal development fluctuations image to construct. Similarly to the auroral oval the spatial distribution of the fluctuations demonstrate the irregularity oval images. During disturbed day of 2 October 2013 the geomagnetic storm the irregularity oval have been essentially expanded against quiet day of 1 October and is lowered to 60°N. The analysis is shown that the irregularity oval is very sensitive to change of auroral activity and can use as indicator space weather conditions.

We thank the Institutes who maintain the IMAGE Magnetometer Array, Grant of RFBR 14-05-98820 r-sever-a and grant of RFBR 14-07-00512

Investigation of F-spread in the topside ionosphere from the Intercosmos-19 data for winter season

V.A. Telegin, A.T. Karpachev (*Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation of RAS, Moscow, Troitsk*)

We study the F-spread phenomenon in the topside ionosphere according to the Intercosmos-19 topside sounding data for the winter season. The region of the scattered signal observation from the satellite altitude up to the F2-layer maximum conventionally divided into three parts: the observation at the satellite height (type 1), at the F2-layer maximum height (type 3) and in the intermediate zone (type 2). The global distributions of the occurrence probability of the third type F-spread for all hours of local time are constructed. The dependences on local time, latitude and longitude for this type of F-spread are revealed. The third type is also observed at ground-based vertical sounding stations that allows to compare of the satellite and ground-based sounding data. This is important for an understanding the mechanism of F-spread generation. The behavior of the 1st and 2nd types of F-spread is first studied. It was found that the type 2 F-spread is most often observed in the latitudes interval of 2-5 MHz practically at all latitudes that apparently distinguishes it in a special phenomenon.

Ionospheric effects of the Kola meteor burst on 18 April 2014 during solar proton event

V.D. Tereshchenko, V.A. Tereshchenko, O.F. Ogloblina, S.M. Cherniakov (*Polar Geophysical Institute KSC RAS, Murmansk, Russia*)

In the night on 18 April 2014 there was a big natural event over the Kola Peninsula, Russia. At 22:14 UT a big meteor has blown over the Verkhnetulomsky reservoir. The whole Kola Peninsula and the nearest part of Scandinavia were illuminated by the light of the meteor. At that time there was a weak solar proton event from 13:40 UT. Partial reflection data, received by the PGI KSC RAS radar during the continued solar proton event, show variations of reflection amplitude and electron concentration in the lower ionosphere which are typical for acoustic gravity waves. Velocities of traveling disturbances obtained from the data have good agreement with velocities of infrasound stations.

Determination the anisotropy parameters of small-scale irregularities in the middle-latitude ionospheric F-region from the amplitude scintillations of satellite signals at a single receiver

E.D. Tereshchenko, N.Yu. Romanova

Polar Geophysical Institute of Russian Academy of Sciences, 15 Khatyrina, 183010 Murmansk, Russia

In this study we further investigated the amplitude scintillations of the satellite signals. Data has been received on the ground stations Ostrogozhsk-Rostov-Sochi (the middle-latitude ionosphere). By radiotomography method of satellite signals analysis has been determined important characteristics of the ionospheric irregularities. It is shown that the small-scale irregularities at middle latitudes are anisotropic. They are strongly stretched along the geomagnetic field (α) and often have a preferential direction in a plane perpendicular to the geomagnetic field (β). In this study, the direction of this elongation will be called the orientation of the cross-field anisotropy (Ψ_A). It is shown that parameters α and β of small-scale irregularities at middle latitudes have similar with the corresponding parameters of small-scale irregularities at high latitudes. Also in many events, the orientation of the cross-field anisotropy Ψ_A of small-scale ionospheric irregularities has been determined.

Wave-like oscillations of regular riometer absorption with periods of 2 - 30 days

V.A. Uliev, A.V. Frank-Kamenetsky

Arctic and Antarctic research institute , S-Petersburg, Russia

The long-period variations of the daily maximum of the undisturbed riometer signal level at several high-latitude stations in the Arctic and Antarctic (Tiksi, Vostok, Mirny, Progress and Novolazarevskaya) in 2012 - 2014 years are investigated jointly with average daily temperature at these stations.

The presence of wave-like oscillations in the undisturbed level:with periods of 20 days (main period), and with a period of about 2,5 and 10 days was observed.

The amplitude and the frequency of occurrence of such oscillations in local winter period more compared to local summer.

The presence of such oscillations explained by the appearance of tropospheric planetary waves that propagate vertically upward and cause a periodic change in the temperature and density of mesosphere that eventually leads to wave-like oscillations in the undisturbed riometer level, as well as riometer absorption.

Large amplitude undulations of evening site diffuse aurorae. Optical characteristics and conditions of generation

V.G. Vorobjev, V.C. Roldugin, and O.I. Yagodkina

Polar Geophysical Institute, Apatity Division, Kola Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Fersmana st. 14, Apatity, Murmansk region, 184209 Russia; e-mail: vorobjev@pgia.ru

Optical characteristics of large amplitude undulations (LAU) of diffuse aurorae observed by all-sky cameras at Kola Peninsula on December 28, 2010 were examined. Both interplanetary medium conditions and characteristics of magnetic activity before and during LAU were analyzed. It was shown that the development of undulations could be activated by sharp short-living of ~20 minutes solar wind dynamic pressure impulse and existence of the undulations during about two hours was supported by electric field of stationary magnetospheric convection originated from large smoothly changed southward IMF Bz component of about -12nT . The altitude of undulation luminosity determined by triangulation method was $120 \pm 10\text{ km}$. The undulations amplitude changed from about 100 to 300 km and the average wavelength was $\sim 250\text{ km}$. The undulations were observed moving westward with the average phase velocity of $\sim 0.7\text{ km/s}$. The pass of DMSP F16 spacecraft just along "the tongue" of undulations showed that the wave of luminosity was located in the region of the predominantly ion (proton) precipitation with the average energy of particles of $\sim 18\text{ keV}$. Rayed auroral structures were observed continuously in the region of diffuse aurorae during time interval of LAU existence. These structures were observed moving westward with the velocity of about 2 km/s that corresponds to the northward electric field of $\sim 100\text{ mV/m}$.

Ionosphere and upper atmosphere

GPS- Slips during magnetic storms at high latitudes

V.I. Zakharov^{1,2}, Yu.V. Yasukevich², M.A. Titova^{1,3}

¹*Physics Department of Lomonosov's Moscow State University, Moscow, Russia zvi_555@list.ru*

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

³*IZMIRAN, Moscow, Russia*

Satellite navigation and communication systems are an integral part of the modern society infrastructure. Therefore, the requirements for the efficiency and reliability of the recent are increase. This is especially true for the developing new or remote areas with poor for a number of reasons infrastructure. Analysis applied aspects of navigation and communication systems shows that the current reliability of their operation is determined not only and not so much instrumental failures, but increasingly the influence of various geological and heliophysical factors - space weather, that is more pronounced at high latitudes.

As the slips (failures) are discussed "instrumental" phenomena - the phase losses and pseudorange faults. In addition, we study an important ionospheric parameter TEC, and its variations, the values of which can not bear the physical sense and explains the known process in the ionosphere and magnetosphere.

The paper discusses the influence of various strong geomagnetic disturbances (magnetic storms with amplitude 1500-2500 nT) during 2010-2014 on the working of 100 GPS- stations located north of 55°N. We have analyzed the dynamics of manifestation of GPS signal slips in a significant (above 1 month) time period around the date of the geomagnetic disturbance. Especially consider the chain of stations, orientation predominantly in the latitudinal direction and located in Alaska, Canada, northern Europe. So it is possible to study the dynamics of the impact of high-latitude ionosphere to the received satellite signal.

The obtained data for the occurrence of failures compared not only with the behavior of the high-latitude geomagnetic indices AE and AL, but also with the direct detection of the magnetic field and measurements of the absorption. Thus, the probability of failure for the L2 phase, even in quiet conditions receiving several times greater than for the phase L1. The presence of geomagnetic disturbance leads to an increase of this magnitude in the 5-20 times for the considered magnetic storms. Failure rate in determining the TEC significantly - 100 times - more than a purely instrumental and also grow during the solar magnetic geophysical disturbances of different nature. The analysis shows that a possible solution to reduce the impact of failures on the navigation GPS system is to increase the mask on the elevation angle of the satellite up to 15-20 deg.

Development of techniques for analyzing and conducting a series of processing events 2013-2014 performed with the financial support of the Russian Science Foundation grant (RNF project №14-37-00027).

Магнитогравитационные волны в среднеширотной ионосфере как предвестники сильных землетрясений

О.М. Бархатова^{1,2}, Н.А. Бархатов², Н.В. Косолапова²

¹*ФГБОУ ВПО "Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет"*

²*ФГБОУ ВПО "Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина"*

Современные исследования свидетельствуют о возможности генерации волн в атмосфере высокоэнергичными геофизическими событиями (землетрясениями, вулканами, цунами, и др.) на этапе их развития и во время подготовительной стадии. Например, возникновение акустико-гравитационных волн в атмосфере отмечено в периоды подготовки землетрясений [Xu et al., 2010]. Однако, согласно [Сорокин и Федорович, 1982] высокоэнергичные события могут проявляться и в виде геомагнитных возмущений. В работах [Бархатов и др., 2012; Бархатова и Косолапова, 2014] продемонстрирована возможность совместного переноса возмущений ионосферной среды и электромагнитного поля с участием гравитации, т.е. магнитогравитационной природы, которые генерируются авроральными электроджетами в периоды геомагнитной суббури и сильными среднеширотными землетрясениями ($M > 6.5$).

В представляемой работе обнаружение магнитогравитационных возмущений (МГВ) в интервалы подготовки и развития четырех сильных ($M > 6.5$) землетрясений, произошедших в области средних и низких широт, выполнялось при подсчете фактов синхронизации динамических спектров синхронных возмущений критических частот ионосферных слоев E_s , E , $F2$ и X , Y , Z компонент геомагнитного поля на временном интервале, включающем с себя 3 дня до каждого события, день события и 3 дня после него. Отмечено усиление МГВ активности уже за два дня до начала землетрясений, что говорит о возможности

использования МГВ как предвестников землетрясений. Тип моды МГВ распространяющихся из эпицентральных областей был определен за два дня до начала землетрясений. Для этого сопоставлялись интенсивности максимумов динамических спектров магнитных возмущений на пяти станциях в окрестностях эпицентров. При этом были зарегистрированы обе моды МГВ – быстрая высокочастотная (ВЧ) и медленная низкочастотная (НЧ) мода. Анализ поляризаций регистрируемых МГВ показал, что при прохождении ВЧ моды возмущаются в основном горизонтальные компоненты геомагнитного поля, в то время, как вертикальная компонента возмущается при прохождении НЧ моды. Пространственное распределение МГВ устанавливалось изучением возможных направлений распространения МГВ с наименьшим затуханием. Оно показало для обеих мод преимущественно северные направления распространения от эпицентральных областей. Известно, что в области средних и низких широт геомагнитное поле имеет преимущественно северное направление и именно в этом направлении должно быть обеспечено наименьшее затухание МГВ. МГВ содержат возмущения среды и поэтому в их распространении должен принимать участие перенос в виде ионосферных ветров. В связи с этим, для НЧ моды МГВ проанализировано влияние направлений ионосферных ветров. Обнаружено, что в области средних и низких широт низкочастотные МГВ имеют тенденцию распространяться против зонального ветра.

Бархатов Н.А., Бархатова О.М., Григорьев Г.И. Магнитогравитационные волны в ионосфере в условиях конечной проводимости // Изв. ВУЗов. Радиофизика. Т.55. № 6. С. 421-430. 2012.

Бархатова О. и Косолапова Н. Обнаружение магнитогравитационных волн в интервалы сильных подземных землетрясений // Вестник ННГУ. Радиофизика. №3. С. 11-17. 2014.

Сорокин В.М. и Федорович Г.В. Физика медленных МГД-волн в ионосферной плазме. Энергоиздат. М.: 1982. 136 с.
Xu T., Hu Y., Wu J., Wu Z., Suo Y., Feng J. Giant disturbance in the ionospheric F2 region prior to the M8.0 Wenchuan earthquake on 12 May 2008 // Ann. Geophys. V. 28. N 8.P.1533–1538. 2010.

Синтетические спектры излучения некоторых систем полос в сине-зеленой области спектра

Ж.В. Дашкевич, Б.В. Козелов

Полярный геофизический институт, г. Анадырь, Россия

Представлена численная модель, позволяющая получать синтетические спектры излучения Первой отрицательной системы полос иона молекулярного азота $N_2^+(B^2\Sigma_u^+-X^2\Sigma_g^+)$ и Второй положительной системы полос молекулярного азота $N_2(C^3\Pi_u-B^3\Pi_g)$. Входными параметрами при расчете синтетического спектра в полярных сияниях являются начальные параметры потоков авроральных электронов и модель нейтральной атмосферы. Модель предназначена для использования при оценках параметров высыпающихся электронов по триангуляционным измерениям широкополосными камерами.

Численная модель возмущенной полярной ионосферы

Ж.В. Дашкевич, В.Е. Иванов, Б.В. Козелов

Полярный геофизический институт, г. Анадырь, Россия

Представлена численная физико-химическая модель возбужденной полярной ионосферы, позволяющая рассчитывать концентрации следующих нейтральных и ионизированных компонент: O_2^+ , N_2^+ , $O^+(^4S)$, $O^+(^2D)$, $O^+(^2P)$, $O(^1D)$, $O(^1S)$, $N(^4S)$, $N(^2D)$, $N(^2P)$, NO , NO^+ , N^+ , $N_2(A)$ и концентрацию электронов. Модель составлена на основе имеющихся литературных данных и включает в себя 54 физико-химических реакций, оказывающих в полярной ионосфере влияние на концентрации перечисленных компонент. Входными параметрами модели являются энергетический спектр электронов на верхней границе ионосферы и концентрации нейтральных составляющих. Модель ионосферы апробирована на результатах координированного ракетно-спутникового эксперимента [Rees et al.,1977].

Ionosphere and upper atmosphere

Метод региональной адаптации модели ионосферы IRI с использованием данных со станций возвратно-наклонного зондирования

В.А. Егоров, К.А. Тетерин

OAO НПК НИИДАР, г. Москва, Россия

При КВ радиосвязи на дальние расстояния и в задачах загоризонтного обнаружения целей используются эмпирические модели ионосферы, которые необходимо адаптировать к текущему состоянию ионосферы над заданным регионом для использования в оперативной работе.

Текущее состояние ионосферы может определяться станциями вертикального зондирования (ВЗ), которых в настоящее время недостаточно, чтобы производить адаптацию эмпирической модели ионосферы повсеместно.

Предложен метод адаптации эмпирической модели IRI по данным возвратно-наклонного зондирования, заключающийся в оптимизации значений глобального ионосферного индекса и числа солнечных пятен, используемых в модели при расчете концентрации электронов в ионосфере.

Приводится оценка влияния предложенного метода адаптации модели IRI на погрешность определения дальности до воздушного объекта.

Моделирование вариаций в спектрах поляризации магнитного УНЧ шума на средних широтах в разных геофизических условиях

Е.Н. Ермакова, Д.С. Котик, А.В. Першин

Научно-исследовательский радиофизический институт, Н. Новгород, Россия

Исследована динамика спектров поляризационного параметра (*epsilon*) магнитного УНЧ шума, рассчитанных на основе модели IRI-2012 в период сильной магнитной бури в ноябре 2004 г. Показано, что модельные расчеты не отражают адекватно наблюдаемое изменение спектров, а, следовательно, ионосферные профили на высотах структуры суб-ИАР нуждаются в существенной корректировке. Модельные профили электронной концентрации по модели IRI-2012 (учитывает повышенную геомагнитную активность) отражают адекватно падение концентрации электронов в максимуме F-слоя, но не отражают изменение профилей электронной концентрации на высотах 80-300 км. Поэтому в расчетных спектрах поляризации отсутствуют резкие изменения характерной частоты f_{ep} от 1-2 Гц до 10-12 Гц, которые наблюдается в эксперименте в периоды сильных магнитных бурь.

Выполнены расчеты параметра поляризации для летнего периода времени, когда на средних широтах наиболее часто наблюдаются сильные вариации в суточной динамике параметра *epsilon*. Выполнена корректировка профилей электронной концентрации на высотах 80-300 км путем сравнения расчетных спектров с экспериментальными и с данными ионозонда, расположенного на удалении в 29 км от приемного пункта. В результате были получены расчётные спектры, близкие к наблюдаемым. Также были выявлены динамические процессы перестройки ионосферного профиля концентрации электронов, приводящие к спорадическим вариациям поляризации фонового шума.

Кинетика электронно-возбужденных молекул кислорода в атмосферах планет земной группы и активных средах ХКИЛ

А.С. Кириллов

Полярный геофизический институт РАН, г. Анадырь; kirillov@pgia.ru

Проведено моделирование колебательных населенностей состояний Герцберга $c^1\Sigma_u^-$, $A^3\Delta_u$, $A^3\Sigma_u^+$ молекулы O_2^* на высотах ночного свечения в верхних атмосферах Земли, Венеры и Марса. Сравнение результатов расчета со спектральными наблюдениями на Земле полос Герцберга I и Чемберлена позволяет оценить функции образования O_2^* в тройных столкновениях. Анализ данных по интенсивностям свечения полос Герцберга II и Чемберлена, полученных с летательных аппаратов Венера-9, Венера-10, Venus Express, а также в лабораторных экспериментах, позволил выделить основные механизмы образования $O_2(c^1\Sigma_u^-, v=0)$ и $O_2(A^3\Delta_u, v=0)$ в смеси газов CO₂, CO, N₂, O₂.

Рассчитаны относительные населенности $O_2(b^1\Sigma_g^+, v)$ на высотах 110 км ($T=250$ К) и 150 км ($T=500$ К) полярной ионосферы Земли, а также на высотах свечения 80-110 км ночного неба Земли. Проведено сравнение рассчитанных населенностей с результатами спектрометрических измерений интенсивностей полос Атмосферной системы на ракетном комплексе Форт-Черчилль в Канаде и на архипелаге Шпицберген и получено удовлетворительное согласие для нижних высот полярной ионосферы. Численно показано, что бимодальное поведение измеренных с помощью телескопа Keck I интенсивностей свечения полос Атмосферной системы в ночном небе Земли объясняется особенностями гашения молекул $O_2(b^1\Sigma_g^+, v)$ невозбужденными молекулами кислорода.

Проведен расчет констант взаимодействия $O_2(X^3\Sigma_g^-, v \geq 0)$, $O_2(a^1\Delta_g, v \geq 0)$, $O_2(b^1\Sigma_g^+, v \geq 0)$ для активных сред химических кислородно-иодных лазеров. Показано, что при взаимодействии молекул кислорода эффективны процессы переноса электронного возбуждения.

Исследование формирования лучевых траекторий и поглощения коротких радиоволн в ионосфере во время геомагнитных бурь

Д.С. Котова^{1,2}, М.В. Клименко^{1,2}, В.В. Клименко², В.Е. Захаров¹

¹*Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта, Калининград, Россия*

²*Западное отделение Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкиова, Калининград, Россия*

Представлено развитие модели распространения коротких радиоволн в ионосфере, разработанной в БФУ им. И. Канта, построенной в приближении геометрической оптики и учитывающей трехмерную неоднородность и анизотропию ионосферной плазмы. Одним из основных направлений выполненных исследований является проведение адаптации модели распространения радиоволн и численной модели среды (Глобальной Самосогласованной Модели Термосферы, Ионосферы и Протоионосферы). Результаты модельных расчетов лучевых траекторий и их поглощения в ионосфере сравниваются с результатами расчетов, полученными для невозмущенных условий. На основе созданного комплекса программ проведены исследования влияния ионосферных эффектов геомагнитных бурь на основные характеристики распространения коротких волн. Полученные результаты расчетов позволяют описать отражение и преломление радиоволн от неоднородностей электронной концентрации в высотном, широтном и долготном направлениях. Представлено развитие модели распространения радиоволн для исследования развития дисперсионных искажений при распространении сложных сигналов в трехмерно неоднородной анизотропной ионосфере на основе динамического представления таких сигналов (в виде последовательности волновых пакетов). Показано, что из-за дисперсии ионосферной плазмы волновые пакеты с разными несущими частотами не только имеют различные групповые скорости, но и распространяются вдоль различных лучевых траекторий. Рост дисперсионных искажений пакета проявляется в его сильном расплывании. Также для вещественных лучевых траекторий модель распространения коротких волн была модифицирована для случая комплексной геометрической оптики с целью исследования самосогласованного формирования неоднородной структуры волн и более точного расчета их поглощения в ионосфере. Показано, что по мере проникновения волны в поглощающий слой усиливается неоднородность этой волны. В точке отражения достигается полное внутреннее отражение падающей волны. Обсуждается дальнейшее развитие модели распространения радиоволн и ее применение в задачах прогноза выбора оптимального частотного диапазона радиосвязи для различных геомагнитных условий.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФФИ №14-05-00578, Президента Российской Федерации МК-4866.2014.5. Работа проводилась в рамках проекта "Физические механизмы формирования реакции верхней атмосферы и ионосферы на процессы в нижней атмосфере и на поверхности Земли" (Государственное задание Министерства образования и науки РФ, конкурсная часть, задание № 3.1127.2014/К).

Ionosphere and upper atmosphere

Результаты наблюдений искусственного излучения ионосферы в высоких широтах при модификации ионосферы мощным амплитудно-модулированным КВ излучением

А.В. Ларченко, Ю.В. Федоренко, С.В. Пильгаев (*Полярный Геофизический Институт, г. Апатиты, Россия, alexey.larchenko@gmail.com*)

В работе приводятся результаты наземных наблюдений компонент электромагнитного поля излучения ионосферного источника в трех пространственно разнесенных точках в период проведения нагревного эксперимента. Эксперимент проводился с 17 по 26 октября 2014 г. Искусственный ионосферный источник был образован в результате модуляции проводимости нижней ионосферы вследствие воздействия на ионосферу мощным амплитудно-модулированным КВ излучением стенда “EISCAT/Heating”, расположенного вблизи г. Тромсе ($69^{\circ} 35' 00''$ N, $19^{\circ} 12' 42''$ E). КВ излучение проводилось в направлении магнитного зенита с частотами модуляции порядка: 1017 Гц, 2017 Гц и 3017 Гц.

Для решения задач, требующих проведения наземных наблюдений двух горизонтальных компонент магнитного и вертикальной компоненты электрического полей в СНЧ/ОНЧ диапазонах частот, в ПГИ был разработан и изготовлен трехкомпонентный СНЧ/ОНЧ приемник. Данный прибор представляет собой программно-аппаратный комплекс, состоящий из двух ортогонально ориентированных рамочных антенн, вертикальной электрической антенны, малошумящих антенных усилителей и блока, состоящего из а.ц.п., управляющего микроконтроллера и GPS/ГЛОНАСС модуля. Особенностью этого приемника является прецизионная (с максимальной ошибкой не более 1 мкс) привязка каждого отсчета цифровых данных к мировому времени. Так же был разработан мобильный вариант приемника с автономным питанием и записью данных на FLASH память, позволяющий проводить наблюдения в полевых условиях в течение нескольких суток.

Во время проведения нагревного эксперимента регистрация генерируемого ионосферным источником сигнала производилась тремя пространственно разнесенными СНЧ/ОНЧ приемниками: двумя стационарными и одним мобильным. Стационарные приемники были установлены на обсерваториях ПГИ Ловозеро ($67^{\circ} 58' 31''$ N, $35^{\circ} 4' 52''$ E) и Верхнетуломский ($68^{\circ} 35' 32''$ N, $31^{\circ} 44' 58''$ E), мобильный на время проведения эксперимента был развернут в районе г. Апатиты в точке с координатами $67^{\circ} 30' 38''$ N, $33^{\circ} 29' 36''$ E.

По данным измерений в каждой точке были рассчитаны плотности энергии сигнала от ионосферного источника и локальные параметры поля: направления вектора Пойтинга и поляризация. Направление распространения энергии сигнала на всех частотах совпало с ожидаемым (отклонение не более 5 градусов). Поляризация горизонтального магнитного поля на частоте 1017 Гц оказалась полностью линейной, на частоте 2017 Гц преимущественно эллиптической левой, а на частоте 3017 Гц так же, как и на частоте 1017 Гц, была близка к линейной. Мы предполагаем, что распространение искусственного ОНЧ излучения на частотах 1017 и 3017 Гц, далеких от частоты поперечного резонанса волновода Земля-ионосфера, происходит преимущественно на ТЕМ/TM модах, а на частоте 2017 Гц, близкой к частоте поперечного резонанса, присутствует левополяризованная мода, хорошо отражающаяся на этой частоте от анизотропной верхней стенки волновода.

Исследование влияния гелиофизических возмущений на состояние нижней ионосферы в высоких широтах

О.М. Лебедь, А.В. Ларченко, С.В. Пильгаев, Ю.В. Федоренко (*Полярный геофизический институт, г. Апатиты, Россия*)

Проблема мониторинга D-слоя ионосферы в высоких широтах является актуальной. Известно, что в ОНЧ диапазоне имеет место связь скорости распространения электромагнитных импульсов, возбуждаемых молниевыми разрядами, с профилем проводимости нижней ионосферы. Однако глубина проникновения электромагнитного поля этого диапазона частот в ионосферу невелика, что приводит к отсутствию влияния верхней части D-слоя на поле в волноводе Земля-ионосфера.

В работе рассмотрены результаты измерений скорости распространения атмосфериков от дальних разрядов молний на высокоширотной трассе «Ловозеро-Баренцбург» в СНЧ диапазоне. Измерения велись как в спокойных гелиофизических условиях, так и во время вспышек на Солнце в 2011-2012 гг. Для выявления связи результатов измерений скорости с состоянием нижней ионосферы в окрестности трассы применялась модель распространения с двойным экспоненциальным профилем проводимости ионосферы. Анализ наблюдений показал, что в спокойное время при изменении освещенности нижней ионосферы в течение суток скорость распространения атмосфериков испытывает регулярный суточный ход, некоррелированный с глобальными изменениями скорости, оцененными по частоте первого шумановского резонанса. По-

видимому, это связано с изменением состояния нижней ионосферы в окрестности трассы. В возмущенных геофизических условиях в марте 2012 г., когда наблюдалось вторжение высокоэнергичных протонов в ионосферу Земли, характер суточных вариаций скорости распространения атмосфериков изменился. С 5 марта 2012 г. значения скорости уменьшились примерно на 20 тыс. км/с. После вспышки X-класса 7 марта 2012 г. отмечалось нарушение суточного хода скорости. Если в спокойное время скорость ночью была больше, чем днем, то после вспышки 7 марта суточный ход скорости изменился на обратный. Аналогичное поведение отмечалось во время вспышки 26 декабря 2011 г. Уменьшение скорости распространения атмосфериков во время вспышек на Солнце наблюдалось не всегда. Так, во время вспышки, произошедшей 23 октября 2011 г., значения скорости увеличились примерно на 20 тыс. км/с относительно спокойного времени.

По результатам измерений скорости распространения атмосфериков вдоль высокоширотной трассы продемонстрирована возможность оценки дневных профилей проводимости в спокойных и в возмущенных условиях. Показано хорошее соответствие оцененных профилей с профилями проводимости, полученными из ракетных экспериментов в разное время.

Применение модели расчета радиотрасс в задачах КВ радиосвязи в высоких и авроральных широтах

И.А. Носиков¹, П.Ф. Бессараб^{2,3}, М.В. Клименко^{1,4}, В.В. Клименко⁴, Д.С. Котова¹, В.Е. Захаров¹

¹*Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта, Калининград, Россия*

²*Королевский технологический институт, Стокгольм, Швеция*

³*Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия*

⁴*Западное отделение Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкиова РАН (ЗО ИЗМИРАН), Калининград, Россия*

Представлены результаты расчетов радиотрасс в высокоширотной и авроральной ионосфере, полученные с помощью метода подталкивания упругой нити в среде, параметры которой были рассчитаны в Глобальной Самосогласованной Модели Термосфера Ионосфера и Протоносфера (ГСМ ТИП). Метод основан на принципе Ферма, согласно которому функционал оптической длины пути радиоволны принимает минимальное значение в процессе оптимизации. В предлагаемом методе упорядоченный набор точек, являющийся дискретным представлением радиолуча, последовательными поперечными трансформациями преобразуется к оптимальной конфигурации. Для нахождения оптимального положения точек используется градиент функционала от текущего положения точек. Важными особенностями метода являются ликвидация компоненты градиента функционала, направленной вдоль траектории, и введение упругой силы между точками, что позволяет контролировать их распределение вдоль трассы и значительно повысить робастность метода. Апробация расчета радиотрасс в трехмерном случае основана на сравнении результатов расчетов, полученных методом подталкивания упругой нити с численным решением уравнения эйконала (модель Захарова, БФУ им. И. Канта, реализованная в приближении геометрической оптики) в среде с показателем преломления, рассчитанным в модели ГСМ ТИП. Параметры среды рассчитывались для спокойных условий и во время геомагнитной бури 1–3 мая 2010 г.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов Президента РФ МК-4866.2014.5 и РФФИ №14-05-00578. Работа проводилась в рамках проекта "Физические механизмы формирования реакции верхней атмосферы и ионосферы на процессы в нижней атмосфере и на поверхности Земли" (Государственное задание Министерства образования и науки РФ, конкурсная часть, задание № 3.1127.2014/К). П. Ф. Бессараб выражает благодарность фонду Горана Густаффсона за поддержку.

Опыт наблюдения спектров атмосфериков в условиях высоких широт

В.В. Пчелкин, А.А. Галахов, В.И. Кириллов (*Полярный геофизический институт, Апатиты, Россия*)

В работе приведены результаты экспериментального определения амплитудных спектров атмосфериков по данным регистрации, выполненной на Колском п-ве в течение периода с сентября 2014 г по январь 2015 г. Выполнено сравнение со спектрами, полученными в условиях средних широт. Отмечено смещение высокочастотного максимума в сторону более высоких частот и увеличение ширины провала между максимумами. Показано относительное увеличение низкочастотного максимума. Проанализированы суточные и сезонные изменения спектров, зафиксированные в течение времени эксперимента.

Ionosphere and upper atmosphere

Регулярная и стохастическая динамика среднеширотной ионосферы

А.В. Радиевский^{1,2}, Ф.С. Бессараф^{1,2}, И.В. Карпов^{1,2}, Н.А. Коренькова¹, В.С. Лещенко¹

¹*Западное отделение ИЗМИРАН, г. Калининград, office@wdizmiran.ru*

²*БФУ им. И. Канта, г. Калининград.*

В настоящей работе представлены результаты статистической обработки экспериментальных данных критической частоты $foF2$ ионосферной станции г. Калининград ($54N, 20E$) за 2008-2009 гг. Особенность исследования состоит в том, что ионосфера рассматривается как динамическая система, принадлежащая к классу неавтономных, распределенных, диссипативных, нелинейных динамических систем. В частности, построена одна из важнейших качественных характеристик исследуемой динамической системы - топология фазового портрета в координатах ($foF2$, $dfoF2/dt$). Анализ фазового портрета наглядно показывает специфические регулярные суточные и сезонные перестройки в поведении ионосферы, что и позволяет естественным образом разделить регулярную и стохастическую часть в вариациях ионосферных параметров.

Кроме того, в работе получены стандартные статистические характеристики: функция и плотность вероятности распределения критической частоты $foF2$, корреляционная функция и др. Обсуждается связь статистических характеристик $foF2$ и электронной концентрации Ne . Для плотности распределения электронной концентрации Ne и критической частоты $foF2$ получены модельные распределения в аддитивном и мультиплективном пределах.

Методические основы цифровой обработки результатов ионосферных наблюдений.

I. Прогнозирование

Д.Б. Рождественский, В.А. Телегин

Институт земного магнетизма и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкина РАН, (ИЗМИРАН) Москва, Россия

Предложен метод прогнозирования данных наблюдения геофизических процессов, имеющих ограниченный спектр и заданных на конечном временном интервале. Метод прогнозирования (экстраполяции) получен в результате решения задачи аппроксимации разрывных функций с использованием амплитудной демодуляции гармонического сигнала. Метод опробован для прогнозирования состояния ионосферы по данным ионозондов.

Методические основы цифровой обработки результатов ионосферных наблюдений.

II. Цифровая фильтрация

Д.Б. Рождественский, В.А. Телегин, В.И. Рождественская

Институт земного магнетизма и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкина РАН, (ИЗМИРАН) Москва, Россия

Рассмотрены вопросы построения цифровых фильтров, предназначенных для решения задач частотной селекции. Такие фильтры требуются для получения функций с ограниченным спектром, необходимых для формирования алгоритмов экстраполяции. Низкочастотные составляющие процесса служат основой для получения долговременного прогноза. Эти ответственные задачи требуют разработки цифровых фильтров с повышенными требованиями к их характеристикам. Требуемые цифровые фильтры должны обладать высокой степенью подавления в полосе среза и низким уровнем боковых лепестков. В статье рассмотрен гипотетический фильтр – исправленное непрерывное осреднение (ИНО), частотная характеристика такого фильтра представляет собой сочетание двух последовательно включенных фильтров – непрерывного осреднения и идеального фильтра низких частот. Частотная характеристика такого идеального фильтра в полосе пропускания идентична характеристике интегратора, а в полосе среза паразитные полосы пропускания отсутствуют.

В наибольшей степени ИНО отвечает цифровой фильтр, построенный на основе аппроксимации его частотной характеристики полиномами Чебышева. С помощью чебышевского фильтра с величиной

подавления в полосе среза до 300-400 дБ строится выделяющая функция алгоритма экстраполяции. Для предварительной обработки результатов наблюдения, помимо цифрового чебышевского фильтра низких частот, разработан цифровой фильтр, частотная характеристика которого строится в области частот с предварительным взвешиванием результатов наблюдения во временной области, что существенно уменьшает величину паразитных полос пропускания в полосе среза.

Систематика пространственно временных характеристик электро-термальных структур запылённого динамо слоя ночной ионосферы

Е.Е. Тимофеев¹, С.Л. Шалимов^{2,3}, О.Г. Чхетиани^{2,3}, М.К. Валлинкоски⁵, Й. Кангас⁵

¹ Государственный университет морского и речного флота им. адм. С.О. Макарова, СПб

² Институт физики земли им. О.Ю. Шмидта, РАН, Москва

³ Институт космических исследований, РАН, Москва

⁴ Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова, РАН, Москва

⁵ Отдел космофизики университета г. Оулу, Финляндия

Систематика основывается на материале банка данных 20-ти суббури периода эксперимента ERRRIS. В предшествующих работах (Тимофеев и др. 2013, 2014) особенности электро-термальных структур (ЭТС) аврорального динамо слоя (ДС) изучались только статистически. А именно, на анализе средних величин, и стандартных отклонений температур плазменных компонент (T_i и T_e), вектора электрического поля (E -поля) и электронной плотности (N_e), присущим выборкам из серий не менее (16-25)-ти последовательных (30, 45 и 90 секундных) импульсов радарных измерений. В данной работе анализ характеристик ЭТС выполнен на временных масштабах 1-го импульса ЕЙСКАТ радара, т.е. (45, 90 и 180 С). При этом диапазон высот анализа расширен до трёх уровней 105, 110 и 115 км.

Показано, что: 1) ЭТС часто состоят из диад с противоположной динамикой температур ионов (T_i) и электронов (T_e), регистрируемой в течении 2-х последовательных импульсов радара. А именно, например, рост T_e и спад T_i , сменяется ростом T_i и уменьшением T_e . 2) В свою очередь диады объединяются в серии. При этом длинные (от 3-ёх до 10-12-ти ЭТС) серии наблюдаются в условиях малых (ниже порога ФБ-неустойчивости) E -полей. При этом уровень электронной плотности (N_e) должен быть не выше примерно 4-ти, 8-ми и 12-ти $\times 10^4 / \text{см}^3$, на высотах 105, 110 и 115 км, соответственно, а характерные частоты сторонних вариаций уровня (N_e) и вектора E -поля в процессе суббури должны быть заметно ниже рабочей частоты радара. 3) Вариации N_e в разных частях диады систематически меняются пропорционально величине T_e . А именно, N_e ниже (выше) в той её части, где ниже (выше) температура электронов. При этом разность уровней (dN_e) составляет примерно (1×10^4) и $(1,5-2) \times 10^4 / \text{см}^3$ на высотах 105 и 110 км. На материале анализа 2-х получасовых интервалов (~ 35 импульсов по 90 С) в событии (10.04.1988, 17-19 UT) величина коэффициента корреляции вариаций dT_e и dN_e на высоте 105 км составила (+ 0,91). 4) Отношение средней величины вариации dN_e к среднему уровню плотности ионизации на данной высоте (N_e), т.е. (dN_e/N_e) практически одинаково на высотах 105 и 110 км. Тем самым эффект аномального охлаждения электронов проявляется на масштабах 1-го импульса радара и в диапазоне высот не менее 10 км в пределах одной и той же силовой трубы ГМП. 5) Устойчивые (не менее 3-ёх диад) серии сопровождаются особым типом вариаций азимута вектора E -поля, подобным колебаниям крутильного маятника. А именно, синхронно с 1-ой диадой вектор E -поля проходит примерно полукруга по часовой стрелке, а в течение второй диады возвращается обратно, т.е. против часовой стрелки.

В части интерпретации описанных выше результатов отметим, что: 1) Достаточно малые величины E -поля необходимы, чтобы не дать плазменной турбулентности разрушить регулярную пространственную структуру плазменно-пылевых структур типа ЭТС. 2) Для охлаждения электронов плотность пыли должна быть высока, что соответствует отрицательным вариациям плотности электронов. 3) Показанное выше подобие характеристик ЭТС на протяжении ~10-ти км (от 105 до 115 км) означает, что такой характерный высотный масштаб объёмов заряженной пыли достаточен, чтобы поляризационные E -поля вызвали возмущения F-слоя ионосферы. Иными словами ЭТС являются одним из видов вертикальных структур, обеспечивающих электродинамическую связь динамо-слоя с верхней ионосферой. 4) Вариации азимута E -поля (маятникового типа) в частности, могут объясняться тем, что (диады) объединяются парами с противоположным направлением E -поля. В F-области влияние такой пары обеспечит пару вихрей с противоположным направлением вращения плазмы. 5) Поляризационные поля образуются в квазипериодических структурах – горизонтальных роллах, которые являются следствием неустойчивостей экмановского типа и с которыми отождествляются ЭТС.

Ionosphere and upper atmosphere

Модель сигнала, отраженного от авроральных неоднородностей слоя Е, для надгоризонтной РЛС дальнего обнаружения УКВ диапазона

И.В. Тютин, В.Б. Оводенко, С.А. Пушай

ОАО НПК НИИДАР, г. Москва, Россия, tyutin@physics.msu.ru

В статье представлено описание модели отраженного сигнала от авроральной неоднородности в приемнике РЛС ДО. На основе параметров РЛС и рассчитываемых ракурсных углов производится оценка энергетических характеристик помехи: отношения помеха-шум (ОПШ) и эффективная поверхность рассеяния (ЭПР). Особенностью модели является учет пространственного распределения неоднородностей, боковых лепестков диаграммы направленности антенны на излучение и прием и боковых лепестков функции неопределенности сигнала. Результаты моделирования показали, что при определенных условиях боковые лепестки ДН вносят заметный вклад (до нескольких дБ) в суммарный отраженный сигнал.

Кинетическая модель Монте-Карло профилей линий водорода для протонных полярных сияний

В.И. Шематович

Институт астрономии РАН, Москва, Россия; e-mail: shematov@inasan.ru

Измеренные космическими или наземными инструментами профили линий водорода несут полезную информацию как для изучения физических процессов, происходящих в протонных полярных сияниях, так и для оценки характеристик потока высыпающихся в атмосферу протонов. Расчеты профилей линий водородных эмиссий в полярной верхней атмосфере Земли выполнены при помощи разработанной кинетической модели Монте-Карло для исследования процессов высыпания протонов на молекулярном уровне. Впервые удалось учесть стохастическую природу рассеяния на малые углы протонов и атомов водорода с высокими энергиями, что позволило корректно рассчитать формирование крыльев и сдвига пика в водородных эмиссионных линиях. Данные предсказания модели нашли свое подтверждение в наблюдениях свечения Н-β водорода на полярной станции Покер Флат на Аляске. В частности, из проведенного сравнения видна антикорреляция между средней энергией протонов и сдвигом пика. Следовательно, можно заключить, что величины относительных уширений голубого и красного крыльев эмиссионных линий являются лучшими индикаторами энергии высыпающихся протонов по сравнению с ранее используемым значением сдвига пика линии.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты 14-02-00838 и 13-02-00642) и Программы №09 Президиума РАН.

Оценка динамики дифференциальных кодовых задержек в каналах ГЛОНАСС и GPS

Ю.В. Ясюкевич^{1,2}, А.А. Мыльникова¹, В.Е. Куницын^{1,3}, А.М. Падохин^{1,3}

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

²*Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия*

³*Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, Москва, Россия*

Глобальные Навигационные Спутниковые Системы (ГНСС) широко используются во всем мире для дистанционного зондирования ионосферы. При определении абсолютного полного электронного содержания (ПЭС) в ионосфере с использованием одновременно кодовых и фазовых измерений по данным ГНСС возникает систематическая ошибка, зависящая от приемника и спутника – дифференциальные кодовые задержки (ДКЗ), в иностранной литературе - Differential code biases (DCB). ДКЗ в 1 нс приводят к ошибке определения ПЭС ~2.9 TECU.

Нами была проанализирована динамика ДКЗ в каналах спутников и приёмников и погрешность ПЭС, связанная с ДКЗ за 2000-2014, по данным публикуемым лабораторией CODE [<ftp://ftp.unibe.ch/aiub/CODE/>]. Систематическое изменение погрешности ПЭС, связанной с ДКЗ составляет ~1 TECU/год для GPS спутников и ~3 TECU/год для спутников ГЛОНАСС. Существуют также значительные вариации в погрешности ПЭС из-за ДКЗ для спутников ГЛОНАСС величиной до 5 TECU в сравнении с вариациями

погрешности ПЭС для GPS спутников.

Наблюдаемые вариации в динамике ДКЗ в каналах приемников ГЛОНАСС и GPS значительно зависят от станции. Наблюдаются сезонные вариации погрешности ПЭС, связанной с ДКЗ, превышающие 20 ТЕСУ в частотных каналах приемников ГЛОНАСС и GPS. Такие сильные вариации могут быть связаны с изменением окружающей среды возле приемника, в особенности с изменением температуры и влажности. Нами также был разработан метод для определения ДКЗ, основанный на данных одной станции. Полученные результаты сравнивались с данными ДКЗ, публикуемыми лабораторией CODE. Обнаружено расхождение значений ДКЗ для ГЛОНАСС, полученных нами, и результатов CODE. Это расхождение значительно влияет на определение абсолютного ПЭС и может приводить к отрицательным нефизическим значениям ПЭС.

Работа поддержана Грантом Российского Научного Фонда (Проект № 14-37-00027).

Low Atmosphere, Ozone



The painting by M.I. Beloglazov

Ground-based microwave monitoring of ozone in a middle atmosphere above St. Petersburg and Tomsk during stratospheric warming in winter 2013-2014

Y.Y. Kulikov¹, D.A. Bochkovskii², V.N. Marichev², A.V. Poberovskiy³, V.G. Ryskin¹, Yu.M. Timofeev³

¹*Institute of Applied Physics, Russian Academy of Sciences, Nizhny Novgorod, Russia*

²*Institute of Atmospheric Optics, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Tomsk, Russia*

³*Institute of Physics, University of St. Petersburg, St. Petersburg, Russia*

We present some results of ground-based microwave measurements at frequencies of about 110836.04 MHz, which are related to the ozone emission line generated in the middle atmosphere. Experiments were carried out on December-February 2013-2014 in Tomsk (56N, 85E) and on November-March 2013-2014 in St. Petersburg (60N, 30E). In discussed experiments two identical mobile ozonometer were used [1, 2]. Either ozonometers consists of an uncooled millimeter-wave receiver and multichannel spectrometer. System noise temperature (single sideband) – about 2000 K. The multichannel spectrometer represents a bank of filters (32 channels) with spectral bandwidth 240 MHz and the variable frequency resolution: 1.0 – 10 MHz. Parameters of the instrument allow to receiving the information (for 15-20 minutes – time resolution) on vertical distribution of ozone at heights from 22 up to 60 km. The measurements of spectra of atmospheric emission were carried out by the method of its calibration on hot and cold reference loads. During stratospheric warming in winter 2013-2014 essential distinction in variations of vertical structures of ozone in a middle atmosphere above Tomsk and St. Petersburg is registered. The results are compared with the MLS/AURA satellite data and with the data of the last microwave measurements of stratospheric ozone in polar and middle latitudes during sudden stratospheric warmings.

The work was supported by the grants 13-05-01036 and 13-05-97052 of Russian Foundation for Basic Research.

A.A. Krasilnikov, Y.Y. Kulikov, V.G. Ryskin, A.M. Shchitov. Microwave instruments for diagnostic of the minor constituents of the Earth's atmosphere. Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics, vol. 67, P. 1788-1792, 2003.

Y.Y. Kulikov, A.A. Krasilnikov, A.M. Shchitov. New mobile ground-based instrument for research of stratospheric ozone (some results of observation). The Sixth International Kharkov Symposium on Physics and Engineering of Microwaves, Millimeter and Submillimeter Waves (MSMW'07) Proceedings, Kharkov, Ukraine, June 25-30, 2007. V.1, P. 62-66, 2007.

Self-consistent numerical modeling of the global wind system and heat regime of the lower and middle atmosphere

I.V. Mingalev¹, K.G. Orlov¹, V.M. Chechetkin², V.S. Mingalev¹, O.V. Mingalev¹

¹*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*

²*Keldysh Institute of Applied Mathematics, Moscow, Russia*

The regional non-hydrostatic mathematical model of the wind system of the Earth's lower atmosphere, developed earlier in the Polar Geophysical Institute, is improved by enlarging the simulation domain. In the previous version of the mathematical model, the three-dimensional simulation domain was a part of a spherical layer stretching from land and ocean surface up to the altitude of 15 km over a limited region of the Earth's surface. In the new version of the mathematical model, the simulation domain is a layer surrounding the Earth globally. The lower boundary of this layer is the Earth's surface, whereas, the upper boundary of this layer is the sphere lain at the altitude of 75 km. Furthermore, in the new version of the mathematical model, the internal energy equation for the atmospheric gas is written by using a relaxation approach, in which a heating / cooling rate of the atmospheric gas in various chemical-radiational processes is supposed to be straightly proportional to the difference between the real temperature of the atmospheric gas and an equilibrium temperature of the atmospheric gas. The latter equilibrium temperature may be given by utilizing the global temperature field, obtained from one of the existing empirical models. Incidentally, the relaxation approach may be applied for self-consistent numerical modeling of the global wind system and heat regime in the lower and middle atmosphere not only of the Earth but also of other planetary bodies, in particular, of Venus and Titan.

Thus, the new version of the mathematical model produces three-dimensional time-dependent global distributions of the gas dynamic parameters of the lower and middle atmosphere. The characteristic feature of the model is that it is non-hydrostatic, that is the model does not include the pressure coordinate equations of atmospheric dynamic meteorology, in particular, the hydrostatic equation. Instead, the vertical component of the atmospheric gas velocity is obtained by means of a numerical solution of the appropriate momentum equation, with whatever simplifications of this equation being absent. The finite-difference method is applied for solving the system of governing equations. This work was partly supported by the Presidium of the RAS through the Program No. 9 and by the RFBR grant 13-01-00063.

Low atmosphere, ozone

The improvement of the numerical model of the global wind system of the atmosphere by taking into account the relief of a planet

I.V. Mingalev¹, K.G. Orlov¹, V.S. Mingalev¹, V.M. Chechetkin², O.V. Mingalev¹

¹*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*

²*Keldysh Institute of Applied Mathematics, Moscow, Russia*

The non-hydrostatic mathematical model of the global wind system of the atmosphere, developed recently in the Polar Geophysical Institute, is improved by taking into account the relief of a planet. In the previous version of the mathematical model, the planetary surface was assumed to be a smooth spheroid. In the new version of the mathematical model, a planetary surface can contain mountains and depressions. A planetary surface is approximated by using one of the existing digital maps of the surface relief of a planet.

The characteristic feature of the new version of the mathematical model is that the internal energy equation for the atmospheric gas is written by using a relaxation approach. Moreover, the model does not include the pressure coordinate equations of atmospheric dynamic meteorology, in particular, the hydrostatic equation. Instead, the vertical component of the air velocity is obtained by means of a numerical solution of the appropriate momentum equation, with whatever simplifications of this equation being absent. Thus, three components of the air velocity are obtained by means of a numerical solution of the generalized Navier-Stokes equation, so the model is non-hydrostatic. The new version of the mathematical model is based on the numerical solution of the system of gas dynamic equations and produces three-dimensional time-dependent global distributions of the gas dynamic parameters of the lower and middle atmosphere. For solving the system of governing equations, the finite-difference method is applied. The new version of the mathematical model may be applied for numerical modeling of the global distributions of the gas dynamic parameters in the lower and middle atmosphere not only of the Earth but also of other planetary bodies, in particular of Venus and Titan, utilizing digital maps of the surface relief of these planetary bodies.

In the version of the mathematical model, intended for simulations of the Earth's atmosphere, the calculated parameters are determined on a uniform grid. The latitude and longitude steps are equal to 0.47° , and height step is equal to 200 m. The system of gas dynamic equations is numerically solved in a layer surrounding the Earth globally. The lower boundary of this layer coincides with the Earth's surface which is approximated by an oblate spheroid, with the relief being taken into account. The upper boundary of this layer is the sphere lying at the altitude of 75 km over the equator sea level.

This work was partly supported by the Presidium of the RAS through the Program No. 9 and by the RFBR grant 13-01-00063.

Polar temperature changes

R. Werner¹, D. Valev¹, D. Danov², V. Guineva¹ and A. Kirillov³

¹*Space Research and Technology Institute, Stara Zagora Department, BAS, Bulgaria*

²*Space Research and Technology Institute, Sofia, BAS, Bulgaria*

³*Polar Geophysical Institute (PGI), Apatity, Russia*

By application of regression models strong temperature modulations in the Arctic connected to the Atlantic multidecadal oscillations (AMO) are observed. After removing the AMO influence, the slope of the Arctic temperature (64°N - 90°N) becomes approximately 1°C from 1920 up to now corresponding to 0.11°C per decade and does not differ from the one in the Antarctic (64°S - 90°S).

No AMO climate impact is found in the Antarctic (64°S - 90°S). In the Arctic a tropopause inversion layer (TIL) of different size is observed during the whole year. In difference in the Antarctic a TIL is observed only during the austral autumn. The arctic troposphere is strongly isolated from the stratosphere by TIL while in the Antarctic climate warming processes are restricted by cold air masses descend in the polar vortex.

Сезонные вариации в мягкой компоненте вторичных космических лучей

А.В. Германенко, Ю.В. Балабин, Б.Б. Гвоздевский (*Полярный Геофизический институт, Апатиты, Россия*)

Возрастания гамма-излучения при осадках наблюдаются круглый год с момента пуска комплексной установки мониторинга вторичных космических лучей. Амплитуда возрастаний находится в пределах от 10 до 50 %. Зимой при твердых осадках она в среднем меньше. Однако для построения модели генерации таких возрастаний требуются точные определения сезонных различий. На основе накопленной многолетней базы данных по событиям возрастаний было найдено распределение числа событий в году. Во-первых, в холодный сезон возрастания происходят реже, а их амплитуда меньше. Во-вторых, усредненные за несколько лет распределения показали, что с 2009 г., когда начались наблюдения, по 2014 г. число событий упало. Различия в распределении событий в течение года в период 2009-2011 гг. и в 2012-2014 гг. существенны и приходятся на теплый сезон года (с осадками в виде дождя), тогда как в холодный сезон различия минимальны. Поскольку мы связываем процесс генерации дополнительного гамма-излучения в нижней атмосфере с электрическими процессами в облаках и атмосфере, а они подвержены влиянию солнечной активности, можно предполагать, что это различие в распределениях связано с солнечной активностью. Период 2009-2011 гг. приходится на фазу роста солнечной активности от минимума, тогда как 2012-2014 гг. – это период максимума активности. Пока имеющегося ряда данных недостаточно для окончательного вывода, необходимо провести наблюдения хотя бы один полный цикл солнечной активности.

Определение верхней границы слоя перемешивания по вертикальному профилю озона

В.И. Демин (*Полярный геофизический институт, г. Апатиты*)

Слой перемешивания определяется как слой воздуха, в котором происходит рассеивание основных загрязнителей от приземных источников. Однако на практике его толщина оценивается по динамическим моделям, учитывающее термодинамическое стояние атмосферы, но не реальный профиль загрязняющих веществ. Озон активно взаимодействует с большинством загрязнителей. По этой причине положение верхней границы слоя перемешивания должно каким-то образом отразиться на вертикальном профиле озона в нижней тропосфере.

По данным измерений вертикального распределения озона в Хибинах проведено сравнение теоретически рассчитанных значений слоя перемешивания и слоя перемешивания, рассчитанного по вертикальному профилю озона. При небольших скоростях ветра в приземном слое получены вполне сопоставимые результаты. Расхождение может быть использовано для коррекции расчетных значений, полученных по моделям пограничного слоя. При скоростях ветра более 5 м/с обнаружить верхнюю границу слоя перемешивания в профиле озона не удается.

Анализ долговременных изменений температуры воздуха в Мурманске для выявления эффектов городского «острова тепла»

В.И. Демин¹, О.И. Мокротоварова², А.Р. Анциферова²

¹*Полярный геофизический институт, г. Апатиты*

²*Мурманское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Мурманск*

Воздух в городской застройке обычно теплее, чем в окружающей сельской (фоновой) местности («остров тепла»). Интенсивность и размеры данного явления изменяются во времени и пространстве под влиянием метеорологических условий, местных особенностей и характеристик города. «Остров тепла» более отчетливо обнаруживается при слабом ветре и безоблачном небе. Однако точно такие же условия способствуют и проявлению микроклиматических особенностей, обусловленных неоднородностью подстилающей поверхности. По этой причине корректно отделить «остров тепла» в Мурманске от эффектов, вызванных сложным рельефом города и близостью Кольского залива, путем сравнения показаний ближайших метеорологических станций на коротких рядах измерений, представляется крайне сложной задачей. Антропогенное воздействие на поле температуры в этом случае можно обнаружить только по увеличивающейся по мере роста города разности температур в городе и в сельской местности (так называемый «ползучий тренд»).

Low atmosphere, ozone

Сравнение показаний на ГМС «Мурманск» и на фоновой ГМС «Полярное», расположенной в схожих климатических условиях в 30 км от г. Мурманск, указывает на незначительное увеличение в теплое полугодие разности минимальных температур между ними при отсутствии тренда в разности максимальных температур. Несмотря на то, что эти изменения качественно соответствует общей картине городского «острова тепла», увеличение разности плохо согласуется с динамикой населения. В поле среднесезонных температур «остров тепла» на ГМС «Мурманск» не проявляется: статистически значимого различия в углах наклона трендов сезонных температур на ГМС «Мурманск» и «Полярное» не обнаружено. Это может быть вызвано как особенностями положения ГМС «Мурманск», слабой интенсивности городского «острова тепла» или небольшой повторяемости сочетания метеорологических условий, способствующих его проявлению в районе ГМС (облачность, низкая повторяемость штилей, достаточно сильный ветровой режим, уменьшающий разность между районами города и пригородами).

Изучение возможного влияния Форбуш-понижений на характеристики потока атмосфериков, регистрируемых в высоких широтах

В.И. Кириллов, А.А. Галахов, В.В. Пчелкин

Полярный геофизический институт, Анадырь, Россия

В работе исследуется влияние Форбуш-понижений на характеристики потока атмосфериков, регистрируемых в условия высоких широт (обс. «Ловозеро») в двух частотных диапазонах (600Гц и 6кГц). Форбуш-понижения были отобраны за период с июня 2012г. по январь 2015г. по показаниям десяти станций нейтронных мониторов мировой сети. Поиск возможных корреляционных связей был выполнен методом наложения эпох. Результат анализа показал, что Форбуш-эффект снижает количество принятых атмосфериков; обнаруженное влияние более выражено на частоте 6 кГц.

Моделирование сезонных изменений общей циркуляции атмосферы Титана

И.В. Мингалев¹, А.В. Родин^{2,3}, К.Г. Орлов¹

¹*Полярный геофизический институт Кольского научного центра РАН*

²*Московский физико-технический институт (государственный университет)*

³*Институт космических исследований РАН*

Будут представлены результаты численного моделирования общей циркуляции атмосферы Титана для межсезонного перехода от момента равноденствия до середины лета в северном полушарии. Для моделирования используется новая версия модели общей циркуляции, основанная на численном решении полной системы уравнений газовой динамики на регулярной пространственной сетке с горизонтальным разрешением 15/16 градуса. В модели учтен рельеф поверхности Титана. Для расчета нагрева/охлаждения атмосферы за счет поглощения/испускания электромагнитного излучения в модели используется релаксационное приближение. При моделировании удалось получить изменение типа горизонтальной циркуляции атмосферы Титана на высотах более 400 км от зональной суперротации к циркуляции с переносом атмосферного газа от подсолнечной области на дневной стороне к противосолнечной области наочной стороне. Также получились существенные различия между циркуляцией для условий равноденствия и циркуляцией для условий, когда подсолнечная точка смешена в северное полушарие на 5 градусов широты или более того. Моделирование показало, что вертикальный перенос играет важную роль в общей циркуляции атмосферы Титана. Работа выполнена при финансовой поддержке программы фундаментальных исследований Президиума РАН № 9, а также гранта РФФИ № 13-01-00063 и гранта Минобрнауки № 11.G34.31.0074.

Heliosphere



The painting by M.I. Beloglazov

The link between suicide rate in Alaska, solar and geophysical agents and the mental health of patients in mental boarding at the Kola Peninsula

N.K. Belisheva, R.E. Mihaylov, R.G. Novoseltsev, S.D. Cherney

Kola Science Centre, Apatity, Russia

Alaska is positioned by the Arctic Circle, where health impact of the solar and geophysical agents manifests by extreme manner. Solar and geophysical dependence of human health in Arctic were found in our research (67.57° N, 33.39° E, Kola peninsula). In this research we have analyzed the suicide rate data in Alaska, when the rate of suicide is consistently twice that of the United States, sometimes it occurs in clusters, the occurrence close together in time and location of multiple suicides, which is greater than the number of suicides than one would predict statistically. On this reason we decide to analyze the link between the rate of suicide in Alaska and the solar and geophysical agents. In addition, the suicide rate in Alaska was compared with the cases of mental disorders and the death in the mental boarding in Kola peninsula in the same span. The data of the suicide rate in Alaska (from 1992-2009) were selected in the website of Suicide Prevention Council. 29 solar and geophysical indices were used for joint analysis with statistical data. We found the suicide rate of Natives and non-Natives correlate with different indices and different disorders of mental health. The suicide rate of Natives increases with increasing of solar activity (SA) ($r=0.65$, $p<0.05$) similar the incidence of confusion and death ($r=0.74$, $p<0.05$ and $r=0.48$, $p<0.05$, correspondingly) in mental boarding. The suicide rate of non-Natives decreases under increase of SA ($r = -0.63$, $p<0.05$). The opposite correlations of the suicide rate of Natives and non-Natives were found between incidences of the psychomotor excitation of patients in mental boarding. We assume that Natives are more sensitive to environmental exposure, including solar and geophysical effects, than non-Natives. The resolution of this issue requires the further investigation.

About quasi-two-year cycle in unitiol oxidation half-time and solar activity

V.V. Ivanov¹, V.V. Sokolovskiy^{1,2}

¹*St Petersburg branch of The RAS Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation, 199034 St Petersburg, Mendelevskaya str. 1. sl_iva@mail.ru.*

²*RAS Institute of Analytical Machinery, 198103 Saint Petersburg, Rizhskiy pr. 26*

In the period of 1975-1984, unitiol oxidation with nitrite ions was registered in vitro (St Petersburg, Russia) daily and then monthly average data was studied. Spectral analysis of monthly average fluctuations of unitiol oxidation half-time (UOHT) revealed cyclic variations with the period of 25.6 months.

The periodicity has been well-known to meteorologists for about a century as a so-called quasi-two-year cycle, which barely manifests itself in the spectrum of solar activity (SA). Its manifestation in terrestrial processes is believed to be related to situation in interplanetary space.

Previous studies of influence on observed UOHT fluctuations of cyclic disturbances in interplanetary medium caused by tandem conjunctions of planets in the Solar system showed that the cycle in question corresponds with Earth-Mars conjunctions. In the spectrum of conjunction and counterposition intensity there were major harmonics detected with periods of 25.6 (main) and 12.8 months. Within the studied period of time, Earth-Mars conjunctions occurred in November 1975, December 1977, February 1980, March 1982 and May 1984.

Juxtaposition of averaged cycle for five intervals of UOHT fluctuation of 25.6 months with moments of Earth-Mars conjunctions and counterpositions showed presence of two local fluctuation peaks preceding counterpositions and conjunctions by 1.5-2 months and a notable "dip" of the index between them. Both local peaks significantly differ from minimal values (c.i.95%).

Analysis of correlations between SA and total ozone content (TOC) and the 1st component of ET for each year interval of the studied period of time revealed cyclic changes with the period of about two years, and the higher correlation levels (compared to the preceding and following) fell on the years of Earth-Mars conjunctions. These changes of correlations between SA and studied cosmophysical factors (CFF) definitely tell about variation in some SA-related physical processes with the period of about two years.

Similarly to UOHT study, we analyzed averaged cycle for five intervals of SA fluctuations that lasted 25.6 months and time of Earth-Mars conjunctions and counterpositions. The analysis revealed two local fluctuation peaks preceding (by 1.5-2 months) counterpositions and conjunctions of the planets and a notable "dip" of the index between them. Both local peaks significantly differ from minimal values (c.i.95%).

Heliobiosphere

The matching peaks and dips in the dynamics of UOHT and SA means nothing else but manifestation of a new and more powerful (compared to SA) gravitational CFF – Earth-Mars conjunctions and counterpositions - which unidirectionally affects the studied indices.

The data obtained do not disconfirm "normal" (reverse) influence of SA onto UOHT. The reason is that SA influence is smoothed by the concurred more powerful factor. In this regard, it is appropriate to remind of the concept by B.M. Vladimirovskiy and N.A. Temuryantz about several independent sources of influence onto terrestrial processes, each of which manifests itself most effectively on its own "optimal" time scale.

The study of unitiol oxidation by nitrite ions completed in extreme conditions of Antarctica in the period of July 1996 - May 1997, when the influence of major seasonal factor, polar night, was practically eliminated, showed that variations of monthly average UOHT are clearly linked with Earth-Mars conjunctions and conform with the averaged cycle of 25.6 months, previously obtained for the period of 1975-1984.

Daily average UOHT fluctuations, registered in extreme conditions of Antarctica and in vitro (St Petersburg, Russia) in the period of Aug 15, 1979 - Jun 27, 1980, were compared at matching time marks of Earth-Mars conjunctions. High level of correlation was revealed, at $r= 0.52$. With the first process, the peak preceding the planets conjunction was more apparent as a result of appr. 1 month leftward phase deviation of minimal levels of TOC and the 1st component of ET.

Therefore, these studies allow to elaborate the concept of SA influence onto biosphere and gave an opportunity of objective and quantitative analysis of impact of cosmophysical factors on unitiol oxidation by nitrite ions.

Промежуточные результаты мониторинга психофизиологического состояния подростков 14-15 лет в течение учебного года

А.А. Мартынова, С.В. Пряничников

ФГБУН Кольский научный Центр РАН, Анадырь, martynovaalla@yandex.ru

Представлены промежуточные результаты мониторинга физиологического и психоэмоционального состояния подростков 14-15 лет в зависимости от школьной нагрузки и метеорологических факторов, в течение учебного года (2013-2014 гг). В мониторинге участвовало 11 учеников 9 класса, мужского пола. Все подростки были относительно здоровы и имели I-II группу здоровья. На момент проведения исследований они не принимали никаких лекарственных средств и были здоровы. По типу вегетативной регуляции все подросты были разделены на три группы: ваготоники, нормотоники и симпатотоники.

Было отмечено, что у подростков с преобладанием центральной регуляцией (симпатотоники) существенно снижены функциональные и адаптивные возможности организма и более выражены дезрегуляторные проявления. Пики такого проявления приходятся на январь (выход из полярной ночи) и апрель месяц. К маю месяцу у них значительно снижаются спектральные и временные показатели вариабельности сердечного ритма, повышается напряжение регуляторных систем. Наиболее метеочувствительной группой оказались симпатотоники - возмущение магнитного поля, резкие колебания температуры атмосферного воздуха, вызывают активацию симпатического звена вегетативной регуляции сердца, о чем свидетельствуют статистически значимое увеличение частоты сердечных сокращений и индекса напряжения регуляторных систем. Но говорить как о закономерности нельзя, так как человеческий организм индивидуален, и для каждого человека метеозависимость надо рассматривать индивидуально. Можно говорить о чувствительности к изменениям метеоусловий у лиц с симпатотоническим типом вегетативной регуляции. У нормотоников и ваготоников пик снижения всех функциональных и адаптационных возможностей организма приходится на декабрь месяц (полярную ночь). Зависимость от метеоусловий носит индивидуальный характер и проявляется не у всех в группе.

Результаты тестов на тревожность по Спилбергеру-Хани (сituативная и личностная) и САН (самочувствие, активность, настроение) показали, что у всех тестируемых результаты не выходили за пределы нормы (тревожность: 31-44 балла – умеренная тревожность, САН – более 4 баллов благоприятное состояние, оптимум – 5.0-5.5 баллов). Однако между группами по тревожности заметны различия, наиболее высокие показатели тревожности наблюдаются у подростков с преобладанием автономного контура регуляции (ваготоников), наименьшее значение у симпатотоников. Это может быть связано с преобладанием у ваготоников «очень» низкочастотных волн (VLF), так как амплитуда VLF тесно связана с психоэмоциональным напряжением и отражает энергодефицитные состояния. Высокий уровень VLF наблюдается в гиперадаптивном состоянии, что характерно для лиц с преобладанием парасимпатической нервной регуляции. Так же было отмечено снижение активности от ваготоников к симпатотоникам. Но говорить о достоверности различий между группами нельзя, так как взята очень маленькая выборка. В течение изучаемого периода наиболее стабильные показатели тревожности наблюдались у нормотоников:

ситуативная (ст.) - $39,3 \pm 2,9$ и личностная (лт.) - $39,9 \pm 2,1$. Ваготоники и симпатотоники имели более широкий разброс по месяцам ст. - $42,5 \pm 3,8$ и $36,0 \pm 4,2$ и лт. - $43,9 \pm 3,2$ и $33,7 \pm 3,7$ соответственно. Однако надо учитывать, что это усредненные данные по группам и индивидуальные показатели отдельно взятого человека могут не совпадать с полученными результатами.

Влияние климатических факторов на уровень заболеваемости населения проживающего на широте Заполярного Круга в сравнении с жителями средней полосы России

В.Н. Петров, Н.К. Белишева (*ФГБУН Кольский научный центр РАН, г. Апатиты*)

В работе приводятся сравнительные показатели качества состояния периферической крови у подростков (15-17 лет) и допризывной молодежи (18-20 лет) проживающих Заполярным Круг 68 градусов Северной широты (г. Апатиты Мурманской обл.), с показателями молодежи проживающей в средней полосе России 56 градусов Северной широты, в г. Серпухов Московской обл., где не действуют выраженные климатические факторы характерные для Заполярного региона, а высота расположения городов над уровнем моря почти одинаковая г.Апатиты 140-170 м., г. Серпухов 140-156 м. По данным Meteoinfo.ru в зимний период года (декабрь, январь, февраль) месяцы 2013 года, в среднем разница в атмосферном давлении между г. Апатиты и г. Серпухове составляет 10 мм.рт. ст.

Отмечается, что содержания количества эритроцитов и гемоглобина у мужчин и женщин, проживающих в г. Апатиты выше чем у сверстников, проживающих в средней полосе России г. Серпухов. Уровень эритроцитов у жителей г. Апатиты находится на высокой границе нормы.

Число регистрации анемий во всех возрастных группах г. Апатиты и г. Серпухова одинаковое, в пределах 8 случаев на 1000 населения.

Делается вывод, небольшая степень гипоксии в атмосфере вызывает включение компенсаторных механизмов, но последние оказываются недостаточно эффективными для поддержания кислородного снабжения, что приводит к снижению парциального давления в тканях организма.

В работе показано, что различия в климатических условиях являются факторами повышения уровня заболеваемости жителей Заполярного Круга по сравнению с жителями Центральной России: так заболеваемость в г. Апатиты на 20-30% выше, чем в г. Серпухове Московской обл.

Микроядра в лимфоцитах периферической крови у работающих в горнорудном производстве Мурманской области

В.В. Пожарская, Д.А. Петрашова, Н.К. Белишева, А.А. Мартынова

ФГБУН Кольский научный центр РАН, г. Апатиты, vika_pozharskaja@mail.ru

Проведенные ранее исследования показали, что население Севера по ряду показателей отличается более высокой заболеваемостью, чем в среднем по России (Белишева, Петров, 2013). При этом определенный вклад в заболеваемость жителей арктического региона вносят высокоширотные космо- и гелиофизические агенты, ассоциированные с солнечной активностью (Белишева, Мельник, Талыкова, 2011). Проживание на Севере повышает чувствительность к воздействию высокоширотных факторов среды и сужает адаптационный диапазон.

Материалом исследования послужили результаты определения спонтанной частоты образования микроядер в бинуклеарных лимфоцитах периферической крови, инкубированной после стимуляции фитогемагглютинином в CO_2 -инкубаторе в течение 72 часов при 37°C , цитокинез которых был блокирован цитохалазином Б.

Среднее число двуядерных клеток без идентифицированных нарушений, составляло $984,1 \pm 6,8$ на 1000 двуядерных клеток (96-99%). Среднее число лимфоцитов с микроядрами (МЯ) достигало $15,9 \pm 6,8$ клеток (0,5-3,5%), что соответствует значениям для жителей российских городов – от 8,6 до 17,7 (Мельнов, 2000; Серебрянный и др., 2011; Ахмадуллина, Аклеев, 2013). При сравнении группы обследованных горняков, в возрасте от 20 до 30 лет (стаж 1-7 лет) с одновозрастной группой жителей города Апатиты не занятых в горнорудном производстве установлено, что у подверженных хроническому облучению лиц наблюдается большее число клеток с микроядром ($13,6 \pm 8,2$ против $10,6 \pm 3,6$ в контрольной группе).

Микроядра в лимфоцитах являются маркером различных типов хромосомных нарушений (Kirsch-Volders, Fenech, 2001), поскольку известно, что микроядра являются небольшими структурами, образующимися в результате отставания хромосом и их фрагментов в процессе митотического деления (Lindberg et al., 2007).

Heliosphere

Проанализированные препараты добровольцев показывают, что у людей подверженных хроническому воздействию повышенной концентрации радона степень поврежденности генома выше, чем у контрольной группы.

Методы коррекции психофизиологического состояния организма человека в высоких широтах

Н.Л. Соловьевская, С.В. Пряничников, С.В. Козлова

Кольский научный центр РАН, г. Апатиты

Проживание в условиях высоких широт с резкими колебаниями метеорологических и геофизических агентов предъявляет повышенные требования к организму, который должен адекватно реагировать на вызовы внешней среды. С возрастом и увеличением стажа проживания на Севере, реакции на изменения условий среды носят все более напряженный характер, что проявляется в психоэмоциональной неустойчивости и напряжении регуляторных систем организма. Методы коррекции психоэмоционального и физиологического состояния организма могут помочь процессу адаптации к варьирующим внешним условиям и поддержать организм в наиболее критические периоды года, связанные с дефицитом света, цвета, а также с резкими перепадами температуры и давления. Для коррекции психофизиологического состояния организма, снижения психоэмоционального напряжения, повышения устойчивости организма предлагается использовать набор методов и средств, среди которых метод биологической обратной связи (БОС) показал высокую позитивную результативность. БОС – метод лечения и реабилитации, основанный на развитии у пациента навыков самоконтроля и саморегуляции психофизиологических функций организма для улучшения общего состояния. Под «обратной связью» понимают способ регулирования на основе непрерывного поступления новой информации о функционировании системы. Обратные связи (положительные и отрицательные) определяют устойчивость организма к внешним воздействиям: постоянство и стабильность функций его организмов и систем. Основной момент БОС технологии заключается в возвращении коре головного мозга высокой активности, при обучении человека навыкам релаксации. Другой метод, эффективность которого была исследована в Антарктических экспедициях при коррекции психоэмоционального напряжения у полярников, связан с методами анализа преференциального восприятия цветностей (Мадяр и др., 2014). В связи с тем, что адаптация к экстремальным условиям является системным ответом организма к внешним условиям, процесс адаптации сопровождается изменением коагуляционных свойств крови, которые, при, возрастании геомагнитной активности, проявляются в повышенной свертываемости, агрегации тромбоцитов и эритроцитов. Наиболее адекватным методом, снижающим риск тромбозов и осложнений при сердечно-сосудистых заболеваниях, является метод гирудотерапии. В данном сообщении предполагается обсудить паззличные аспекты использования методов коррекции психофизиологического состояния организма жителей Севера.

Отражение пространственных временных воздействий гелиогеофизических агентов в сенсорных свойствах воды

В.В. Цетлин

ФГБУН Государственный научный центр РФ – Институт медико-биологических проблем РАН, Москва, Россия

Наши соотечественники академик В.И. Вернадский, А.Л. Чижевский и В.В. Ковалевский обнаружили, что в процессах, протекающих как в биосфере Земли, так и в жизни человека, а также в геохимической среде планеты ведущую роль играют природные циклы и ритмы, связанные с цикличностью глобальных космических процессов. Обнаруженную удивительно высокую чувствительность живых организмов к низким, порой ничтожно малым изменениям интенсивности потоков солнечного излучения Чижевский связывал с активацией воды солнечным электромагнитным излучением (ЭМИ), сопровождающим появление на поверхности Солнца пятен, протуберанцев, вспышек и т.п. Однако, большей конкретизации об источниках и видах излучения и о природе явлений, возникающих в воде или в водной среде организмов, он и другие исследователи солнечно-земных связей не высказывали. В нашей многолетней работе по исследованиям степени биотропности воздействия гео-гелиофизических факторов окружающей среды используются метод, применяемый в электрохимической амперометрии. Практически непрерывные

круглосуточные измерения электрических токов в электрохимических ячейках, заполненных водой высокой очистки (исходная удельная проводимость ниже 0,3 мкСм/см), а также мониторинг окислительных свойств такой воды с использованием лабораторных иономеров показали следующее. Установлено, что электрические токи в водных электрохимических ячейках, окислительно-восстановительный потенциал и pH обусловлены преимущественно протеканием электрохимических окислительно-восстановительных реакций на электродах и подвержены регулярным вариациям различной периодичности. Периоды обнаруженных колебаний 8; 20; 68 и 136 сек;~ 8,3; ~ 18; ~54-68; 84 мин и др., которые практически совпадают с периодами вириальных колебаний оболочек Земли, в частности, сфериодальных колебаний земной коры или земной атмосферы. Наблюдаются также характерные суточные, 27-ми дневные и сезонные изменения. Отмечено, что возмущения в гео- и гелио- обстановке, вызываемые, например, солнечным затмением 29 марта 2006г., магнитосферными бурями, извержениями вулканов с более 6,5 балла магнитудой могут вызывать изменения окислительного статуса воды, часто достигающие 10%. Анализ состава продуктов химических реакций, вызванных электромагнитной активацией воды показывает, что по своей природе электрические токи в ячейке задаются скоростью окислительно-восстановительных реакций, протекающих как на металлических электродах, так и в объеме ячейки. Важнейшими оксидантами, образующимися при активации молекул воды низко интенсивным электромагнитным излучением, является супероксид кислорода O_2^- , пероксид водорода H_2O_2 , гидроксид- ион радикал $OH\cdot$ и другие интермедиаты, определяющие оксидантный (биотропный) статус водной среды. По нашему мнению, открывшаяся экспериментальная возможность наблюдения влияния гео- и гелио-физических явлений в геосферах особенно в *Биосфере* Земли на окислительно-восстановительные процессы в водной среде может позволить приблизиться к объяснению механизмов воздействия Солнца, Земли, Луны и в целом параметров окружающего пространства на земную *биоту*. Вопросы происхождения вариаций сенсорных свойств воды актуальны в связи с необходимостью разработки методов контроля и прогноза радиационных воздействий на космонавтов и летчиков и выработка профилактических мер безопасности экипажей самолетов и космических аппаратов. Выявление закономерностей реакции воды и живых организмов на действие слабых факторов окружающей среды приобретает в связи с этим особое значение.

AUTHOR INDEX

A

- Agapitov O.V. 25, 29
Alexeyev V.N. 26
Angelopoulos V. 22
Antciferova A.R. 61
Antonova E.E. 13
Artamonova I.V. 36
Artemyev A.V. 25, 29

B

- Baddeley L. 12
Balabin Yu.V. 37, 38, 61
Barkhatov N.A. 13, 37, 46
Barkhatova O.M. 46
Bazarzhapov A.D. 16
Belakhovsky V.B. 25, 41
Belisheva N.K. 65, 67
Benev B. 36
Berngardt O.I. 16
Bessarab F.S. 52
Bessarab P.F. 51
Bochkovskii D.A. 59

C

- Chechetkin V.M. 59, 60
Cherney S.D. 65
Cherniakov S.M. 44
Chernouss S.A. 22, 44
Chkhetiani O.G. 53

D

- Danov D. 60
Dashkevich Zh.V. 47
Demekhov A.G. 25, 28, 31
Demin V.I. 61
Demyanov V.V. 41
Despirak I.V. 11
Divin A.V. 14
Dremukhina L.A. 14

E

- Efishev I.I. 44
Egorov V.A. 48
Ermakova E.N. 31, 48

F

- Fedorenko Yu.V. 50
Feygin F.Z. 26
Filatov M.V. 44
Frank-Kamenetsky A.V. 45

G

- Galakhov A.A. 51, 62
Galkin I.A. 42
Germanenko A.V. 37, 61

- Golovchanskaya I.V. 19, 27
Golubev S.V. 29
Gromov S.V. 14
Gromova L.I. 14
Guineva V. 11, 60
Gvozdevsky B.B. 37, 38, 61

H

- Han J.P. 22

I

- Ievenko I.B. 19, 26
Ivanov V.E. 47
Ivanov V.V. 65

K

- Kangas J. 53
Karavaev Yu.A. 16, 22
Karpachev A.T. 41, 42, 44
Karpov I.V. 52
Kashkina T.V. 41
Katkalov Ju. 12
Khabazin Yu.G. 26
Kirillov A.S. 48, 60
Kirillov V.I. 51, 62
Kleimenova N.G. 11, 26, 27, 30
Klibanova Yu.Yu. 15
Klimenko M.V. 41, 42, 49, 51
Klimenko V.V. 41, 42, 49, 51
Kogai T.G. 19
Koltunenko E.M. 44
Koren'kova N.A. 52
Kornilov I.A. 19, 20, 27
Kornilova T.A. 19, 20, 27
Kosolapova N.V. 46
Kotik D.S. 31, 48
Kotova D.S. 42, 49, 51
Kozelov B.V. 11, 15, 28, 47
Kozelova T.V. 11
Kozlova S.V. 68
Kozyreva O. 12
Kulikov Y.Y. 59
Kunitsin V.E. 54
Kurikalova M.A. 16
Kuzin S. 36

L

- Larchenko A.V. 50
Lavrukhin A.S. 21
Lebed O.M. 50
Leschenko V.S. 52
Levitin A.E. 14, 37
Lorentzen D. 12
Lubchich A.A. 11
Lubchich V.A. 20
Lunyushkin S.B. 16

M

Makarenko N.G.	36
Malova Kh.V.	21
Malysheva L.M.	26
Manninen J.	27, 28
Mansfeld D.A.	29
Marichev V.N.	59
Martynova A.A.	66, 67
Maurchev E.A.	38
Melnik M.N.	21, 43
Mihaylov R.E.	65
Mingalev I.V.	21, 43, 59, 60, 62
Mingalev O.V.	21, 43, 59, 60
Mingalev V.S.	43, 59, 60
Mishin V.M.	16
Mishin V.V.	15, 16, 22
Moiseev A.V.	15
Mokrotovarova O.I.	61
Mozer F.S.	25, 29
Mylnikova A.A.	42, 54

N

Nosikov I.A.	51
Nosikova N.	12
Novoseltsev R.G.	65

O

Ogloblina O.F.	44
Orlov K.G.	59, 60, 62
Ovodenko V.B.	54

P

Padokhin A.M.	54
Parnikov S.G.	19, 26
Pchelkin V.V.	51, 62
Pershin A.V.	48
Pertsov A.	36
Petrasheva D.A.	67
Petrov V.N.	67
Pilgaev S.V.	50
Pilipenko V.A.	12, 25
Poberovskiy A.V.	59
Podgorny A.I.	35
Podgorny I.M.	35
Ponyavin D.I.	38
Popova T.A.	27
Pozharskaya V.V.	67
Pryanichnikov S.V.	66, 68
Pushay S.A.	54
Pustovalova L.V.	41

R

Radievsky A.V.	52
Rakhmanova L.S.	38
Ratovsky K.G.	42
Revunov S.E.	13
Revunova E.A.	37
Rodin A.V.	62
Roldugin A.V.	12
Roldugin V.C.	12, 45
Romanova N.Yu.	45
Rozhdestvensky D.B.	52

Ryazantseva M.O.	38
Ryskin V.G.	59

S

Sakharov Ya.	12
Santolik O.	25
Selivanov V.	12
Semenov V.S.	14
Semenova N.V.	28, 30
Sergeev V.A.	22
Shadrukov D.V.	13
Shagimuratov I.I.	44
Shalimov S.L.	53
Shematovich V.I.	54
Shkarbaluk M.	12
Shklyar D.R.	28
Shvec M.V.	44
Sokolovskiy V.V.	65
Solov'evskaya N.L.	68
Sormakov D.A.	22
Stepanov N.A.	22
Stoev A.	36
Stoeva P.	36

T

Taubenschuss U.	25
Telegin V.A.	42, 44, 52
Tepenitsyna N.Y.	44
Tereshchenko E.D.	45
Tereshchenko V.A.	44
Tereshchenko V.D.	44
Teterin K.A.	48
Timofeev E.E.	53
Timofeev Yu.M.	59
Titova E.E.	28
Titova M.A.	46
Tolochko M.V.	16
Tsegmed B.	15
Tsetlin V.V.	68
Turunen T.	27
Tyutin I.V.	54

U

Uliev V.A.	45
------------	----

V

Valev D.	60
Vallinkoski M.K.	53
Vashenuyk E.V.	37
Vasko I.Y.	29
Vesnin A.M.	42
Viktorov M.E.	29
Viljanen A.	12
Vinogradov A.B.	37
Volkov M.A.	20
Vorobjev V.G.	12, 41, 45
Vovchenko V.V.	13

W

Wang C.	22
Werner R.	60

Y

- Yagodkina O.I. 12, 45
Yagova N. 12
Yahnin A.G. 27, 28, 30, 31
Yahnina T.A. 27, 28, 30, 31
Yakimova G.A. 44
Yasyukevich Yu.V. 41, 42, 46, 54

Z

- Zaitsev V.V. 29
Zakharenkova I.E. 42
Zakharov V.E. 49, 51
Zakharov V.I. 46
Zastenker G.N. 38
Zeleniy L.M. 21
Zelinsky N.R. 30
Zhbankov G.A. 42
Zhiganov V.Yu. 22

Научное издание

PHYSICS OF AURORAL PHENOMENA

38th Annual Seminar

Технический редактор В.Ю. Жиганов

Подписано к печати 24.02.2015
Формат бумаги 60x84 1/8.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура Times/Cyrillic
Усл. печ. л. 8,5. Заказ № 02. Тираж 60 экз.

Российская Академия Наук

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Кольский научный центр Российской академии наук
184209, Апатиты, Мурманская область, ул. Ферсмана, 14

КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ПОЛЯРНЫЙ ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
183010, г.Мурманск, ул.Халтуриня, 15

KOLA SCIENCE CENTRE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
POLAR GEOPHYSICAL INSTITUTE
15, Khalturina str., Murmansk, 183010, RUSSIA

