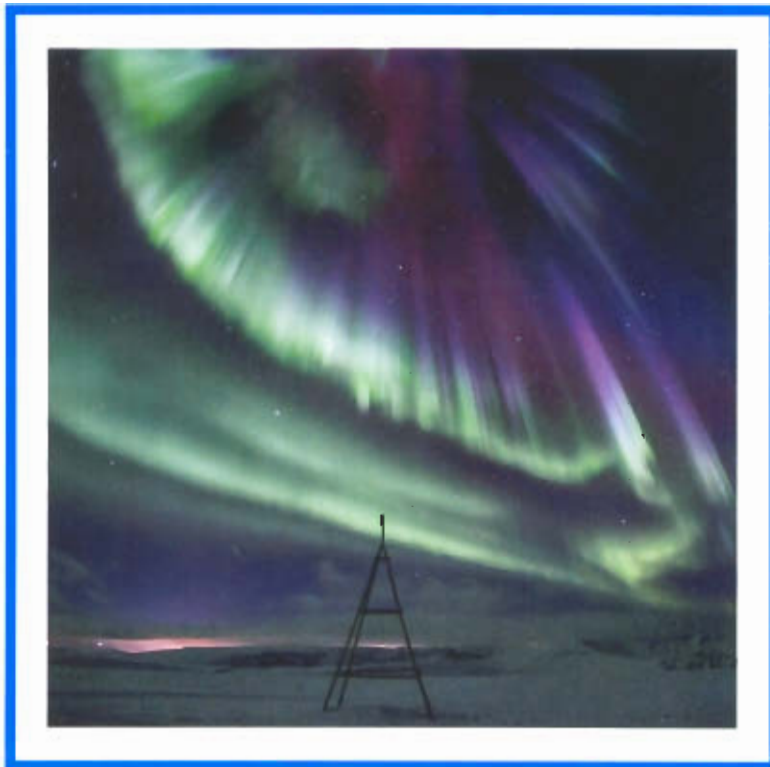


*Russian Academy of Sciences*

# PHYSICS OF AURORAL PHENOMENA

40<sup>th</sup> Annual Seminar  
13 – 17 March 2017

Abstracts



*Russian Academy of Sciences*  
Polar Geophysical Institute

PGI-17-01-135

With support from:



# PHYSICS OF AURORAL PHENOMENA

40<sup>th</sup> Annual Seminar

Abstracts

13 – 17 March 2017

Apatity  
2017

This publication is supported by RFBR (grant №17-05-20059 r)

The organizing committee:

Alexander Yahnin (chair)

Nadezhda Semenova

Irina Despirak

Victor Yurov

Konstantin Orlov

Addresses:

**Apatity department**

Akademgorodok, 26a

Apatity, 184209

Murmansk region

Russia

**Murmansk department**

Khalturina str., 15

Murmansk, 183010

Russia

<http://pgia.ru/seminar>

---

Научное издание

**PHYSICS OF AURORAL PHENOMENA**

40<sup>th</sup> Annual Seminar

Abstracts

13 – 17 March 2017

Редактор: Н.В. Семёнова

Технический редактор: В.Ю. Жиганов

Подписано к печати 01.03.2017. Формат 60x84 1/8.

Усл. печ. л. 10,35. Тираж 70 экз. Заказ № 2.

ФГБУН КИЦ РАН

184209, Апатиты, Мурманская область, ул. Ферсмана, 14

© Polar Geophysical Institute  
Russian Academy of Science, 2017

## CONTENTS

### SESSION 1. GEOMAGNETIC STORMS AND SUBSTORMS

J.O. Adeniyi, B.W. Joshua	A comparative study of the response of NmF2 and GPS-TEC to some Geomagnetic Storms at Ilorin, Nigeria	15
J.O. Adeniyi, B.W. Joshua	The response of the ionospheric F2 layer peak parameters around the crest of the EIA to Geomagnetic storms	15
V.B. Belakhovsky, V.A. Pilipenko, O.V. Kozyreva, L. Baddeley, Ya.A. Sakharov, S.N. Samsonov	Geomagnetic and ionospheric response to the arrival of the interplanetary shock wave	15
I.V. Despirak, A.A. Lubchich, N.G. Kleimenova, V. Guineva	Influence of solar wind different structure on appearance of different types of substorms	16
E.I. Gordeev, V.A. Sergeev	Azimuthal convection – a key process for magnetospheric reconfiguration during growth phase of substorm: Results of global MHD simulation	16
V. Guineva, I.V. Despirak, B.V. Kozelov	Observations of substorm auroras by MAIN cameras system in Apatity during the 2015-2016 winter season	17
V. Kalegaev, N. Vlasova	Ring current development under solar wind pressure pulse	17
A.L. Kharitonov	Spectral analysis of geomagnetic variations of some the auroral observatories for ensuring differential magnetic surveys in the seas in the west of the Arctic region	18
N.G. Kleimenova, L.I. Gromova, S.V. Gromov, N.R. Zelinsky, L.A. Dremukhina, L.M. Malysheva, N.E. Vasileva	Dayside polar substorm behavior: Case study	19
Yu.A. Kopytenko, V.S. Ismagilov, M. Hayakawa	Peculiarities of magnetic field disturbances induced by tsunami 11.03.2011 in coastal zone of Japan	19
T.A. Kornilova, I.V. Golovchanskaya	Periodic auroral restructuring before substorm onset: Dependence on substorm intensity	19
T.V. Kozelova, B.V. Kozelov	THEMIS space-ground observations in midnight sector during the substorm recovery phase	20
V.A. Pilipenko, V.B. Belakhovsky, Ya.A. Sakharov	Charactering the geomagnetic field variability for the study of magnetic storm and substorm impact on electric power lines	20
V.A. Sergeev, E.I. Gordeev, M.A. Shukhtina	Once again about Substorms	20
N.A. Stepanov, V.A. Sergeev, N.P. Dmitrieva, D.A. Sormakov, Y. Ogawa	On the role of solar wind velocity and density in the magnetospheric plasma acceleration	21

I.I. Shagimurtov, S.A. Chernouss, I.E. Zakharenkova, N.Yu. Tepetnitzina, M.V. Filatov, Yu. A. Kopytenko	TEC fluctuations and positioning errors during auroral disturbances	21
Е.Е. Антонова, В.Г. Воробьев, М.О. Рязанцева, И.П. Кирпичев, О.И. Ягодкина, И.Л. Овчинников, В.В. Вовченко, М.В. Пулинец, С.С. Знаткова, А.И. Демьянов, Н.В. Сотников, М.В. Степанова	Авроральный овал и внешний электронный радиационный пояс (обзор)	22
В.Г. Воробьев, О.И. Ягодкина, В.Л. Зверев	Сравнительные характеристики параметров межпланетной среды в периоды регистрации магнитосферных суббурь различной интенсивности	22
С.П. Гайдаш, А.А. Абунин, М.А. Абунина, А.В. Белов, И.И. Прямушкина	Деятельность Центра прогнозов космической погоды ИЗМИРАН	22
Л.И. Громова, С.В. Громов	Влияние Ву ММП на дневные бухтообразные магнитные возмущения в высоких широтах	23
Л.А. Дремухина, Л.И. Громова, С.В. Громов	Дневные магнитосферно-ионосферные возмущения как отклик на резкие возрастания динамического давления солнечного ветра: событие 21-22 июня 2015 г.	23
Е.Н. Ермакова, А.Г. Демехов, А.Г. Яхнин, Т.А. Яхнина	Особенности частотных спектров геомагнитных пульсаций в высокочастотной области диапазона Pc1 (6-13 Гц) в период магнитной бури 20-29.11. 2003	24
А.Ю. Малыхин, Е.Е. Григоренко, Х.В. Малова	Исследование кинетических эффектов в динамике ионов в замкнутых магнитоплазменных конфигурациях с широким магнитного поля	25
Я.А. Сахаров, В.Н. Селиванов, Б.В. Ефимов	Влияния геоиндуцированных токов на оборудование магистральных электрических сетей	25

## SESSION 2. FIELDS, CURRENTS, PARTICLES IN THE MAGNETOSPHERE

I.A. Adimula, T.Y. Kolade-oje	Effect of c correction on solar quiet geomagnetic field variation	29
N.P. Dmitrieva, V.S. Semenov, K. Yu. Slivka, M.A. Shukhtina, I.V. Kubyshkin, N.V. Erkaev	Magnetosphere response times on two types of solar wind discontinuities	29
I.B. Ievenko, S.G. Parnikov	Observation of the proton and electron aurora dynamics and the SAR arc occurrence using the all-sky imager during the intense convection and substorm. Case study	29

V. Kalegaev, M. Panasyuk, A. Hartford, R. Millan, V. Benghin, A. Bogomolov, V. Bogomolov, N. Chirskaya, L. Lazutin, I. Myagkova, I. Nazarkov, L. Novikov, V. Petrov, S. Svertilov, N. Vlasova, I. Yashin, I. Zolotarev, Y. Shprits	Electron fluxes in the Earth's magnetosphere as measured by Lomonosov and Barrel	30
B.V. Kozelov, A.G. Demekhov, E.E. Titova, Yu.V. Fedorenko, A.V. Roldugin, S.V. Pilgaev, A.G. Yahnin, Shin-ichiro Oyama	Ground-based support of the ERG satellite mission at Kola Peninsula	30
A.S. Lavrukhin, I.V. Tyutin, I.I. Alexeev	Current ring influence on the allowed and forbidden Stormer regions. The connection between these regions and the radiation belts intensity	31
A.S. Lukin, A.V. Artemyev, E.V. Yushkov	Convection heating of the electrons in the magnetotail: The role of $B_y$ magnetic field	31
I. Myagkova, A. Bogomolov, V. Kalegaev, S. Svertilov, S. Bobrovnikov, V. Barinova, V. Bogomolov, M. Panasyuk, V. Petrov, I. Yashin	Dynamics of relativistic and sub-relativistic electron fluxes near the polar boundary of the Outer Radiation Belt from Lomonosov and Vernov space missions	31
D.A. Parunakian, S. Dyadechkin, I.I. Alexeev, E.S. Belenkaya, M.L. Khodachenko, E. Kallio, M. Alho	A combined hybrid-paraboloid model of Mercury's magnetosphere	32
V.C. Roldugin, A.V. Roldugin	Spectrometric observations of 630.0 nm emission equatorwards auroral oval during undisturbed days in Lovozero	32
V.S. Semenov, I.V. Kubyshev	Analytical theory of magnetic reconnection	32
N.V. Semenova, T.A. Yahnina, A.G. Yahnin, A.G. Demekhov	The morphological characteristics of energetic proton precipitation equatorward of the isotropy boundary as measured by NOAA POES	33
P. I. Shustov, A.V. Artemyev, I.Y. Vasko, E.V. Yushkov	Kinetic models of sub-ion cylindrical magnetic hole	33
S. Svertilov, I. Myagkova, A. Bogomolov, V. Bogomolov, A. Prokhorov, V. Kalegaev, V. Barinova, M. Panasyuk, V. Petrov, I. Yashin	Short-time electron flux variations in the near-Earth space as measured on the Lomonosov and Vernov space missions	33
A.A. Vinogradov, I.Y. Vasko, E.V. Yushkov, A.V. Artemyev, A.A. Petrukovich, L.M. Zelenyi	Kinetic theory of magnetic flux ropes. Cluster observations	34
E.V. Yushkov, A.V. Artemyev, A.A. Petrukovich	Current sheet thinning in near and distant magnetotail by Cluster and THEMIS statistics	34

И.И. Алексеев, Ю.Л. Сасунов, М.Л. Ходаченко, Е.С. Беленькая, О.В. Мингалев, М.Н. Мельник	Роль кинетики ионов при изменении масштабов тонкого токового слоя	34
М.А. Волков	Структуры «косых» альвеновских волн в неоднородной холодной магнитосферно-ионосферной плазме	35
О.В. Мингалев, И.В. Мингалев, Х.В. Малова, М.Н. Мельник, Л.М. Зеленый	Система уравнений для глобальной численной кинетической модели магнитосферы	35

### SESSION 3. WAVES, WAVE-PARTICLE INTERACTION

М.А. Chelpanov, O.V. Mager, P.N. Mager, D.Yu. Klimushkin, O.I. Bergardt	Simultaneous observations of drift compressional waves in the magnetosphere using an Ekaterinburg coherent decameter radar and spacecraft measurements	39
A. Divin, V. Semenov, I. Zaytsev	Three-scale structure of diffusion region of magnetic reconnection in the presence of cold ion component	39
V.S. Grach and A.G. Demekhov	Backward wave oscillator regime in magnetospheric cyclotron maser for oblique waves	40
V.S. Grach, A.G. Demekhov	Resonant interaction of energetic electrons and ions with electromagnetic ion-cyclotron waves	40
O. Kozyreva, V. Pilipenko, D. Lorentzen, L. Baddeley	The dayside Pc5 pulsations poleward the open-closed field line boundary	40
J. Manninen, N.G. Kleimenova, L.I. Gromova, E.L. Macotela, T. Turunen, A.E. Kozlovsky	A change in the special features of QP emissions due to a poleward magnetic bay	41
J. Manninen, T. Turunen	A collection of interesting ELF-VLF events observed since October 2016 at Kannuslehto, Finland	41
J. Manninen, T. Turunen	Suppression of VLF hiss induced by whistler echo trains observed at Kannuslehto, Finland	41
J. Manninen, T. Turunen	Sudden enhancements of PLHRs	41
D.L. Pasmanik, A.G. Demekhov	Effects of VLF wave propagation in the Earth's magnetosphere on their cyclotron amplification	42
V. Pilipenko, L. Baddeley, V. Belakhovsky	A possible mechanism suppressing the field line oscillations by a fluctuating background	42
T.A. Popova, A.G. Yahnin, A.G. Demekhov	Comparison of EMIC wave observations in the near-equatorial region of the magnetosphere and precipitation of energetic protons at low altitudes	42
E.A. Shirokov, A.G. Demekhov, Yu.V. Chugunov, A.V. Larchenko	Theory of a receiving antenna applied to the spacecraft observations of quasi-electrostatic whistler mode waves	43
D.R. Shklyar	Energy transfer between various groups of electrons in the process of resonant wave-particle interaction	43

E.E. Titova, A.G. Demekhov, J. Manninen, D.L. Pasmanik, D.R. Shklyar, A.V. Larchenko	Localization of the sources of narrowband VLF hiss in the frequency range of 4-10 kHz using ground-based and Van Allen Probes satellite observations	44
I.V. Zaitsev, A.V. Divin, V.S. Semenov	Comparison of 1D Particle-in-cell and 2D double-adiabatic MHD approaches in modelling firehose instability development during magnetic reconnection	45
N.V. Yagova, E.N. Fedorov, A.Yu. Schekotov	Night-time geomagnetic noises in Pc3 frequency range at middle and low latitudes	45
A.G. Yahnin, T.A. Yahnina, T. Raita, J. Manninen	Relativistic electron precipitation and geomagnetic Pc1 pulsations	45
Н.Р. Зелинский, Н.Г. Клейменова	Анализ пространственно-временных особенностей геомагнитных пульсаций Pi3 методами интегральных преобразований	46
Н.Г. Мазур, Е.Н. Федоров, В.А. Пилипенко, Н.В. Ягова	Моделирование возбуждения ионосферного и атмосферного волноводов молниевыми разрядами с учетом наклона геомагнитного поля	46
В.А. Пархомов, Н.Л. Бородкова, А. Г. Яхнин, Б. Цегмед, В.Э. Чиликин, С.Ю. Хомутов, А.В. Пашинин, Б.В. Довбня	Особенности всплесков геомагнитных пульсаций, сопровождающих два SSC 22.06.2015	47
Е.Н. Федоров, В.А. Пилипенко, Н.Г. Мазур, Н.В. Ягова	Взаимодействие пучков гидромагнитных волн ULF-ELF диапазона с ионосферой	47

#### **SESSION 4. THE SUN, SOLAR WIND, COSMIC RAYS**

Yu.V. Balabin	Elevation profiles of cosmic rays and gamma-radiation variations in the low atmosphere	51
A.A. Hady	Modern Dalton Minimum and its disaster risk on climate change	51
A. I. Podgorny, I. M. Podgorny, N. S. Meshalkina	Magnetic field configuration in corona and flare X-ray sources above the active region 10365	51
S.V. Poluianov, I.G. Usoskin	Mini neutron monitors at Dome C (Central Antarctica) and introduction of the class of sub-GLE events registered with them	52
O.V. Sapunova, N.L. Borodkova, G.N. Zastenker	Fine structure of the interplanetary shocks observed by BMSW experiment onboard the SPEKTR-R in the solar wind	52
S. Taran, H. Safari	Two fluid solar wind model: Application of kappa- Maxwellian distribution for electrons	53
M.V. Vokhmyanin, D.I. Ponyavin	Semi-centennial north-south displacements of the HCS based on the reconstructed IMF sector structure	53
Н.А. Бархатов, Е.А. Ревунова, А.Б. Виноградов	Условия существования быстрых магнитных облаков солнечного ветра сопровождаемых ударными волнами	53
Н.А. Бархатов, С.Е. Ревунов, А.Б. Виноградов, Ю.А. Главацкий	Связь динамики высокоширотной геомагнитной активности с изменениями параметров магнитных облаков	54



Ю.В. Балабин, А.А. Торопов, А.В. Германенко, Б.Б. Гвоздевский	Исследование связи между вариациями гамма-излучения и электрическим полями в приземном слое атмосферы	54
Ю.В. Балабин, Б.Б. Гвоздевский, А.В. Германенко	Виртуальный нейтронный монитор для изучения множественностей	55
Б.Б. Гвоздевский, Л.И. Дорман, А.А. Абунин, Р.Т. Гущина, А.В. Белов, Е.А. Ерошенко, В.Г. Янке	Долгопериодные изменения жесткостей геомагнитного обрезания мировой сети нейтронных мониторов	55
А.В. Германенко, Ю.В. Балабин	Расширение комплексной установки регистрации космических лучей на Шпицбергене	55
Е.А. Маурчев, Ю.В. Балабин	Глобальная модель ионизации атмосферы Земли протонами галактических космических лучей	56
О.В. Мингалев, О.В. Хабарова, Х.В. Малова, И.В. Мингалев, Р.А. Кислов, М.Н. Мельник, П.В. Сецко, Л.М. Зелёный	Моделирование резонансного ускорения протонов в магнитном острове в складке гелиосферного токового слоя	56
Е.А. Михалко, А.В. Германенко, Ю.В. Балабин, Е.А. Маурчев	Новый узконаправленный нейтронный спектрометр в комплексной системе мониторинга	57
И.М. Подгорный, А.И. Подгорный	О механизме ускорения частиц в космическом пространстве	57
Л.С. Рахманова, М.О. Рязанцева, Н.Л. Бородкова, О.В. Сапунова, Г.Н. Застенкер	Характеристики турбулентности плазмы магнитослоя перед и за фронтом межпланетной ударной волны	58

## SESSION 5. IONOSPHERE AND UPPER ATMOSPHERE

S.J. Adebisi, B.O. Adebisin, S.O. Ikubanni, B.W. Joshua	Evaluation of TEC adaptation technique of the IRI-Plas model	61
E.S. Andreeva, E.D. Tereshchenko, M.O. Nazarenko, I.A. Nesterov, N.Yu. Romanova	The large-scale ionospheric features detected by radio tomography during geomagnetic disturbances	61
S.M. Chernyakov, S.V. Nikolashkin, V.A. Tereshchenko	Siberian meteors: Ionospheric and geomagnetic effects in the lower ionosphere of high latitudes	61
K.A. Diaby, O.K. Obrou	Estimating equatorial day time vertical $E \times B$ drift velocities from magnetic field variation	62
A.S. Kirillov, R. Werner, V. Guineva	The production of metastable molecular nitrogen in upper atmospheres of planets of Solar System	62

M.V. Klimenko, V.V. Klimenko, I.E. Zakharenkova, K.G. Ratovsky, R.Yu. Lukianova, I.V. Despirak, B.V. Kozelov, S.M. Chernyakov, A.V. Dmitriev, E.S. Andreeva, A.M. Padokhin	Effects of geomagnetic storms in the high-latitude and sub-auroral ionosphere	62
D.S. Kotova, M.V. Klimenko, V.B. Ovodenko, Yu.V. Yasyukevich	Correction of the NeQuick model at high-latitude using TEC data for HF radio wave propagation problem	63
A. Kozlovsky	Meteor radar observations in the auroral ionosphere	63
O.M. Lebed, Yu.V. Fedorenko, S.V. Pilgaev, A.V. Larchenko	The first results of low-frequency ground-based measurements in the October 2016 ionosphere heating experiment	64
E. L. Macotela, J.-P. Raulin, J. Manninen, E. Correia, T. Turunen	Daytime sensitivity of the lower ionosphere to solar X-ray flares evaluated from VLF signal measurements	64
A.A. Namgaladze, M.A. Knyazeva, M.I. Karpov	Comparison of the ionospheric effects of the space weather and seismogenic disturbances	64
A.S. Nikitenko, O.M. Lebed, S.V. Pilgaev, A.V. Larchenko, Yu.V. Fedorenko	About localization of ionospheric exit point of natural VLF emissions by groundbased observation	65
B.E. Prokhorov, M. Förster, V. Lesur, A.A. Namgaladze, M. Holschneider, C. Stolle	Modeling the system of the ionospheric currents and its impact to the Earth's magnetic field	65
Yu.V. Romanovskaya, O.V. Zolotov, E.V. Parkhimovich	Ionospheric disturbances observed prior to strong seismic events: An attempt of "automated" computer analysis of TEC data	65
D.B. Rozhdestvenskii, V.A. Telegin, V.I. Rozhdestvenskaya	Study of long-term variations of mid-latitude ionosphere for clarify their forecast	66
I.I. Shagimuratov, S.A. Chernouss, I.I. Efishov, M.V. Filatov, Iu.V. Cherniak, G.A. Yakimova	Effects in GPS-TEC during auroral disturbance in the auroral, subauroral and midlatitude ionosphere	66
S.D. Shuvalov, O.L. Vaisberg, D.A. Moiseenko, M.I. Markichev, A.Yu. Shestakov, R.N. Zhuravlev, V.N. Ermakov	Physical mock-up of an electron spectrometer for studying fine aurora structure	67
A.E. Stepanov, V.L. Khalipov, S.E. Kobyakova, G.A. Kotova, I.A. Golikov, A.Yu. Gololobov	Vertical velocities of the ionospheric plasma drift in the Polarization Jet	67
E.D. Tereshchenko, R.Yu. Yurik, V.L. Frolov	Observations of the stimulated electromagnetic emission at different orientations of the wave vector	67
O.S. Ugolnikov, I.A. Maslov, A.V. Roldugin, S.V. Pilgaev, A.A. Galkin	Multi-color photometry of twilight sky background using RGB all-sky cameras: Microphysical investigations of aerosol in middle and upper atmosphere	68

V.A. Uliev, D.D. Rogov, A.V. Frank-Kamenetsky	Riometer method of determining the geomagnetic cutoff rigidity using an empirical model of the PCA	68
A.K. Upadhayaya, S. Gupta	F2 region response to geomagnetic disturbances across Indian latitudes: O( <sup>1</sup> S) dayglow as a proxy to thermospheric dynamics	69
M.V. Uspensky, V.B. Ovodenko, I.V. Tyutin	Can UHF radars detect E-layer auroral radar backscatter at over-the-horizon distances?	69
I.E. Zakharenkova, Iu.V. Cherniak, I.I. Shagimuratov	Dynamics of the ionospheric irregularities during severe geomagnetic storms in 2015 by ground-based and space-borne GPS measurements	70
O.V. Zolotov, B.E. Prokhorov	Analysis of <i>Kuo et al</i> [2014] approach to model lithosphere-ionosphere coupling system	70
О.М. Бархатова, Н.А. Бархатов, Н.В. Косолапова	Явление синхронизации ионосферных и геомагнитных УНЧ возмущений в районе станции Казань в геомагнитоспокойный период	70
Н.В. Иванов	Поляризационные характеристики альвеновских резонансов. Ионосферная поляризационная функция	71
В.Е. Иванов, Ж.В. Дашкевич	Влияние электронных высыпаний на эффективный коэффициент рекомбинации	71
Д.С. Котова, И.А. Носиков, М.В. Клименко, В.В. Клименко	Использование метода пристрелки и прямого вариационного метода для расчета радиотрасс КВ-диапазона в период геомагнитных бурь 26-29 сентября 2011 г.	72
А.В. Ларченко, О.М. Лебедь, Ю.В. Федоренко, С.В. Пильгаев	Результаты наземных наблюдений и моделирования структуры поля в ИНЧ-ОНЧ диапазоне	72
О.В. Мингалев, М.Н. Мельник, В.С. Мингалев	Численное моделирование воздействия мощной радиоволны КВ-диапазона на ионосферную плазму F-слоя	72
С.В. Пильгаев, А.В. Ларченко, О.М. Лебедь, М.В. Филатов, А.С. Никитенко, Ю.В. Федоренко	Особенности регистрации и обработки данных СНЧ-ОНЧ сигналов на обсерваториях ПГИ в арктической зоне	73
С.В. Пильгаев, А.В. Ларченко, О.М. Лебедь, М.В. Филатов, А.С. Никитенко, Ю.В. Федоренко	Устройство для калибровки регистраторов электромагнитного поля	73
Н.Ю. Романова	Взаимосвязь ориентации поперечной анизотропии мелкомасштабных неоднородностей в F-области субавроральной ионосферы и горизонтального ветра	74
Е.С. Труханова, О.В. Золотов	О некоторых аспектах использования данных наблюдений полного электронного содержания ионосферы в целях построения методик прогноза сильных землетрясений	74
И.В. Тютин, В.Б. Оводенко, С.А. Пушай	Регистрация ракурсного рассеяния радиоволн на радаре дециметрового диапазона с широким сектором обзора	74

## SESSION 6. LOW ATMOSPHERE, OZONE

T. Chen	Ballooning observation plan in sub-auroral zone	77
A.V. Karagodin, I.A. Mironova	Impact of radiation belt energetic electron precipitation on total ozone column over high latitudes	77
E.A. Kasatkina, O.I. Shumilov, A.G. Kanatjev	On the question of Urban Heat Island occurrence behind the Polar Circle	77
Y.Y. Kulikov, S.I. Osipov, A.V. Poberovsky, V.G. Ryskin, V.A. Yushkov	Monitoring of variations of a middle atmosphere ozone in polar latitudes of Arctic during stratospheric warming in the winter 2016	78
V.C. Roldugin, S.M. Chernyakov, A.V. Roldugin, O.F. Ogloblina	Observations by partial reflection radar in Tumanny during noctilucent clouds	78
R. Werner	A new evidence of the close relationship between global temperature anomalies and CO <sub>2</sub>	78
О.В. Антоненко, А.С. Кириллов, Ю.Н. Куликов	Электронно-возбужденные кислородные составляющие в атмосферах планет земной группы	78
Ю.В. Балабин, А.В. Германенко	Фоновое гамма-излучение 0.2-5 МэВ в приземном слое атмосферы	79
В.И. Демин	Влияние микроклимата на надежность восстановления длинных температурных рядов	79
В.И. Демин, Б.В. Козелов, Н.И. Елизарова, Ю.В. Меньшов	Микроклиматическая изменчивость температуры воздуха в холмистом рельефе на Кольском п-ове	79
Ю.А. Курдяева, И.В. Карпов, О.П. Борчевкина, П.А. Васильев, С.П. Кшевецкий	Влияние колебаний атмосферного давления в тропосфере на возмущение параметров термосферы	80
Е.А. Федотова, И.В. Мингалев, К.Г. Орлов	Влияние оптически толстых облачных слоев на потоки собственного излучения атмосферы	80

## SESSION 7. HELIOBIOSPHERE

O.I. Shumilov, E.A. Kasatkina, A.V. Chramov	Suicides and cardiovascular mortality in relation with geomagnetic disturbances, socioeconomic and man-made factors in the auroral zone	83
N.V. Yagova, E.N. Fedorov	Possible amplitudes of electromagnetic fields in biological media caused by electromagnetic disturbances and a critical review of reported bio-geomagnetic effects	83
В.Ф. Григорьев, А.П. Яковлев	Влияния искусственных электромагнитных полей на частотах шумановских резонансов на двигательную активность серого тюленя	83
Т.С. Завадская, Е.Н. Чеботарева, Р.Е. Михайлов, Н.К. Белишева	Сопряженность роста микрофлоры в биологических средах человеческого организма с вариациями гелиогеофизических агентов в высоких широтах	84
Author index		85







## **A comparative study of the response of NmF2 and GPS-TEC to some Geomagnetic Storms at Ilorin, Nigeria**

J.O. Adeniyi<sup>1</sup>, B.W. Joshua<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Department of Physics, University of Ilorin, Ilorin, Nigeria*

<sup>2</sup>*Department of Physics, Kebbi State University of Science and Technology Aliero, Kebbi State, Nigeria*

A comparative study of the variations of both TEC and NmF2 under quiet and disturbed conditions has been undertaken in the African sector of the equatorial ionosphere. Simultaneous measurements from dual frequency Global Positioning System (GPS) receiver and a DPS4 Digisonde co-located at Ilorin (Geog. Lat. 8.50°N, Long. 4.50°E, dip. -7.9°) were used for this study. GPS TEC and the F2-region ionospheric peak parameters (NmF2 and hmF2) from the Digisonde were used to investigate the ionospheric response to some moderate storms which occurred during May and April, 2010. The results showed that quiet time variations in TEC and NmF2 show some similarities in their pattern, rising in values with sunrise attaining a peak and then decaying towards the night time. Some differences were however observed in the morphologies of the two parameters. The onset time of the rise is observed to be earlier in TEC than in NmF2, the rate of decay in TEC appears to be faster than that of the NmF2 most of the time, noon 'bite-outs' leading to the formation of pre-noon and post-noon peaks, are prominent in NmF2 than in the TEC. Results from the storm time study revealed simultaneous deviations in both TEC and NmF2 from the quiet time pattern. The deviations from quiet time behavior were higher in the NmF2 (about -73 to 674%) than the TEC (about -31 to 112%). In most cases, increases in TEC/NmF2 values were observed during the main phase of the storm events, with corresponding decrease in hmF2 values.

## **The response of the ionospheric F2 layer peak parameters around the crest of the EIA to Geomagnetic storms**

J.O. Adeniyi<sup>1</sup>, B.W. Joshua<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Department of Physics, University of Ilorin, Ilorin, Nigeria, e-mail: segun47@yahoo.com*

<sup>2</sup>*Department of Physics, Kebbi State University of Science and Technology Aliero, Kebbi State, Nigeria, e-mail: benjaminjoshua7@gmail.com*

The equatorial electrodynamic is known to play a vital role in the distribution of ionization at the equatorial/low latitude ionospheric region; it is responsible for the formation of the equatorial ionization anomaly (EIA). The EIA is characterized by the formation of two crests of ionization around  $\pm 20^\circ$  magnetic latitude with a trough at the equator. This study investigates the response of the ionospheric F2 layer over four equatorial/low latitude stations to three (two moderate ( $Dst \geq -100$  nT) and one strong ( $Dst = -100$  to  $-150$  nT)) geomagnetic storms. Two stations were chosen on either side of the geomagnetic equator, such that they fall within the same or a close range of local time. Results from the study show similarities in the response of NmF2 from all the stations to the storm events; both positive and negative phases were recorded from the two stations. The highest percentage change in NmF2 of about 86 % was recorded at Jeju, South Korea, while that of the main phase (about 160 %) was recorded in Townsville, Australia. Averagely, depletions in NmF2 dominate all the phases of the geomagnetic storms, except the strong storm of 30 September – 01 October, 2011. The main phase of this geomagnetic storm corresponds to the daytime period in all the stations. Results from this study further confirm the dependence of the Ionospheric response during geomagnetic storms to the local time, longitude and latitude of the stations.

## **Geomagnetic and ionospheric response to the arrival of the interplanetary shock wave**

V.B. Belakhovsky<sup>1</sup>, V.A. Pilipenko<sup>2</sup>, O.V. Kozyreva<sup>3</sup>, L. Baddeley<sup>4</sup>, Ya.A. Sakharov<sup>1</sup>, S.N. Samsonov<sup>5</sup>

<sup>1</sup>*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*

<sup>2</sup>*Geophysical center, Moscow Russia*

<sup>3</sup>*Institute of the Physics of the Earth, Moscow, Russia*

<sup>4</sup>*UNIS, Svalbard, Norway*

<sup>5</sup>*Institute of cosmophysical research and aeronomy, Yakutsk, Russia*



## ***Geomagnetic storms and substorms***

The magnetosphere and ionosphere response to the SSC event at 24 January 2012 was investigated using complex of spacecraft and ground-based instruments. The SSC produce strong increase of the energetic particles fluxes (40 keV-2 MeV), density, temperature inside the magnetosphere as seen by the *THEMIS*, *COES* spacecrafts. The SSC already is not shock wave in the outer magnetosphere ( $M_f \approx 0.4$ ). SSC produce the substorm development on the nightside during prolonged positive Bz-component of IMF and generation of Pc4-5 pulsations on the morning side. In the different MLT sectors of auroral zone SSC produce increase of the TEC ( $\Delta\text{TEC}=20\text{-}30\%$ ), determined by the GPS receivers. This response was accompanied by the increase of the electron density at the altitudes 90-200 km as seen from the VHF EISCAT radar in Tromsø. So the main contribution to TEC increase has the lower part of the ionosphere. Obviously the TEC response is caused the particle precipitation into the ionosphere. SSC produce strong increase of the CNA in Scandinavia and in Svalbard. The strong increase of the aurora intensity at different spectrum lines (420-700 nm) was registered by hyperspectral camera NARUSSCA II of the Polar Geophysical institute in Svalbard. The SSC produce strong increase of the GIC at electric power lines of the Kola Peninsula and Karelia (~30 A).

## **Influence of solar wind different structure on appearance of different types of substorms**

I.V. Despirak<sup>1</sup>, A.A. Lubchich<sup>1</sup>, N.G. Kleimenova<sup>2</sup>, V. Guineva<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*

<sup>2</sup>*Schmidt Institute of the Physics of the Earth RAS, Moscow, Russia*

<sup>3</sup>*Space Research and Technology Institute, BAS, Stara Zagora, Bulgaria*

Based on the data of IMAGE magnetometers network, OMNI database by the solar wind and IMF parameters and the catalog of large-scale solar wind types (<ftp://ftp.iki.rssi.ru/omni/>) carried a comparative analysis of the conditions of the appearance of different types of substorms. We analyzed substorms at high latitudes, which were observed in 1995, 1996, 1999 and 2000 on the meridional chain (TAR-NAL) of IMAGE stations. As in previous study, we divided the considered substorms into 2 types. The first type- the substorms which propagate from auroral latitudes ( $<70^\circ$ ) to polar geomagnetic latitudes ( $>70^\circ$ ) (called "expanded" substorms, according to an expanded oval); the second type – the substorms which are observed only at latitudes above  $\sim 70^\circ$  in the absence of simultaneous geomagnetic disturbances below  $70^\circ$  (called "polar" substorms, according to a contracted oval). Total 198 "expanded" and 184 "polar" substorms were registered for 4 years. It is shown that the "expanded" substorms observed mainly during the high-speed recurrent streams (FAST) and the region of plasma compression before this streams (CIR) - in 72.3% of cases; in 18.7% of cases - during interplanetary displays of coronal mass ejections (SHEATH; SHEATH, FAST; EJECTA, FAST); in 7% of cases - during the slow flow (SLOW), and heliospheric current sheet (SLOW, HCS) and in 7% of cases - without a certain flow. While the "polar" substorms occur, mainly during the slow flows and heliospheric current sheet (SLOW; SLOW, HCS) - in 68.5% of cases; in 17.4% of cases - during Ejecta, SLOW and MC, SLOW; in 14.1% of cases - at the end of the high-speed recurrent stream (FAST), when the solar wind velocity decreases from large to small values.

So, in different conditions of space weather, determined by solar wind large-scale structure, the different types of magnetic substorms occur. "Expanded", i.e. moving to north, substorms occur, mainly, during high-speed streams from coronal holes, and "polar" substorms occur during the slow flows and the heliospheric current sheet, as well as some of the displays of interplanetary coronal mass ejections (ICME).

## **Azimuthal convection – a key process for magnetospheric reconfiguration during growth phase of substorm: Results of global MHD simulation**

E.I. Gordeev, V.A. Sergeev

*Saint-Petersburg State University, e-mail: [evgeny.i.gordeev@spbu.ru](mailto:evgeny.i.gordeev@spbu.ru)*

The growth phase of magnetospheric substorm is associated with significant redistribution of magnetic fluxes in the near and middle magnetotail. Generally, the open flux in lobes increases, while the closed flux through the tail neutral sheet decreases, forming the stretched magnetotail configuration. For today, adiabatic compression of the tail plasma sheet due to flux loading into the lobes is considered to be the main process responsible for the tail magnetic reconfiguration during the growth phase. This physical concept is based mainly on the exploration of quasi-equilibrium evolution of two-dimensional magnetic configurations and qualitatively resembles the observations, that is dimming the potentially important and essentially three-dimensional processes. We present the results of global

MHD simulation which manifest the exceptional role of azimuthal convection in formation of the stretched unstable magnetic configuration in the near and middle tail during the growth phase of substorm. The most intense magnetic flux transport forms in the dipole-like field lines and directed from the nightside region to the dayside magnetopause where the active magnetic reconnection is in progress. Magnetic flux transport rate in the inner magnetosphere is proportional to intensity of the dayside magnetic reconnection and several times exceeds the flux transport rate in the middle tail. We assume that the non-uniformity of convection rate along the tail may lead to effective stretching of magnetotail and especially in the region of transition between tail-like and dipole-like configuration.

### **Observations of substorm auroras by MAIN cameras system in Apatity during the 2015-2016 winter season**

V. Guineva<sup>1</sup>, I.V. Despirak<sup>2</sup>, B.V. Kozelov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Space Research and Technology Institute, BAS, Stara Zagora, Bulgaria*

<sup>2</sup>*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*

In our work were considered substorms observed during the winter season (2015-2016) system of auroral cameras MAIN (Multiscale Aurora Imaging Network) in Apatity. Based on the observations of the **MAIN** network in Apatity, the data of IMAGE magnetometers network, OMNI database by the solar wind parameters and the catalog of large-scale solar wind types (<ftp://ftp.iki.rssi.ru/omni/>) we considered substorms, which were observed during different solar wind conditions. All substorms were divided into two groups: substorms observed during geomagnetic storms and substorms in non-storm conditions. Every group included several sub-groups. The substorms during geomagnetic storms can occur during the main storm phase or during the recovery phase. The recovery phase was divided in near recovery phase and late recovery phase. Another sub-group of the first group was also introduced, namely “structured recovery phase”, when the SYM/H index behavior was highly structured. Such cases refer to the so-called “pulsing” or “complicated” storms. The substorms during non-storm conditions were classified as substorms under quiet conditions, when no structures in the solar wind were observed, and as substorms happened when structures in the solar wind near Earth were detected, but these structures didn’t provoke geomagnetic storms. For substorms during the main storm phase or near the SYM/H minimum the auroras expansion in North direction was observed. While for substorms during the late recovery phase or under quiet conditions, auroras were appearing near the station zenith or to the North of the station, and the auroras expansion in South direction was registered. The boundary between these both types of substorm observations in terms of SYM/H index is in the range 35-50 nT. Therefore, for substorms during a structured storm recovery phase or during “non-storm conditions with structures of solar wind” auroras may occur to the South or to the North from the station zenith depending mainly on the SYM/H value.

### **Ring current development under solar wind pressure pulse**

V. Kalegaev, N. Vlasova

*Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

The ring current dynamics during two magnetic storms on 22-23.06.2015 and on 17-18.03.2015 was studied based on satellite data analysis and theoretical modeling. It was shown that large-scale magnetospheric convection as well as substorm-related injections cannot provide the observed magnetic depression at the Earth’s surface during the main phase of the 22-23.06.2015 magnetic storm. In contrast, the development of magnetic storm on 17-18.03.2015 with the similar *Dst* profile can be explained by traditional magnetospheric current systems dynamics, in particular, ring current development is well described by Burton mechanism. 30–80 keV proton fluxes measured by *POES/NOAA* sun-synchronous satellites were used as an indicator of ring current variations. It was shown that ring current development during initial part of 22-23.06.2015 magnetic storm main phase was provided by prolonged extremely strong solar wind dynamical impact under northern orientation of the IMF. Extreme pressure pulse caused intensive non-adiabatic trapped particle radial motion to low L-shells and subsequent ring current enhancement similar to that taking place due to particle injection from the tail.

## **Spectral analysis of geomagnetic variations of some the auroral observatories for ensuring differential magnetic surveys in the seas in the west of the Arctic region**

A.L. Kharitonov

*Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation of Russian Academy of Science*

For ensuring successful carrying out high-precision differential geomagnetic measurements with the method of a differential space-temporal magnetometric survey used when performing sea magnetic survey a spectral analysis of these variations of the variation geomagnetic field in some the auroral magnetic observatories located along the meridian which is stretched approximately along a meridian on the 25th degree of east longitude, across the territory of Finland from islands in the west of the Arctic region (island of Spitsbergen) to the coast of the Gulf of Finland was made. In the report schedules of values of the module of the complete vector of an induction of the geomagnetic field measured during differential magnetic survey are provided in the Barents sea region, its energy spectrum of Fourier and a spectrum executed by method of the maximal entropy, and also variations of the geomagnetic field in the most well working auroral magnetic observatory of "Nurmiyarvi" and some other during differential geomagnetic measurements in the Barents sea region. From results of the carried-out spectral analysis it is possible to conclude that in the data of energy spectrum of Fourier and a spectra are available by method of the maximal entropy of the measured geomagnetic field in Arctic region are five main maxima with spectral amplitudes of  $Be = 5 - 40$  nT. with the reference periods of anomalies of the measured field equal approximately  $T1 = 10$  sec.,  $Be1 = 11-25$  nT;  $T2 = 150$  sec.,  $Be2 = 3$  nT;  $T3 = 450$  sec.,  $Be3 = 5$  nT;  $T4 = 800-1050$  sec.,  $Be4 = 30$  nT;  $T5 = 3000$  sec.,  $Be5 = 30$  nT and the sixth maximum with the period ( $T6$ ) of equal about 40000 seconds, amplitude about ( $Be6 > 50$  nT), but in spectrum Fourier who is not really well allocated in a range because of the poor length even of a profile of geomagnetic measurements. That is it is possible to tell that the average amplitude of five allocated types of anomalies of the geomagnetic field on this profile in the Barents sea region makes around 5 - 30 nT, and for the sixth type of anomalies makes about 50 - 100 nT. From the carried-out spectral analysis of these geomagnetic variations measured in the auroral magnetic observatories the physical nature of the allocated geomagnetic disturbances was analysed. As one of examples it was shown that amplitude of variations of the module of a vector of the induction geomagnetic field in magnetic observatory of "Nurmiyarvi" during differential magnetic survey on this profile in the Barents sea region changed at most on 20 nT and has the average time period about  $T6 \approx 40000$  sec. Judging by the period of the variations measured in observatory of "Nurmiyarvi" it is possible to assume that the sixth maximum ( $T6$ ) in a spectrum of Fourier of the measured geomagnetic field, the auroral of magnetic observatories is bound to the most larger on amplitude - half-cycle of daily variations of the geomagnetic field. However, as show the known estimates, amplitude of this geomagnetic variation was a little strengthened, and the sign of a variation is changed on counter due to passing of a profile of measurements in a zone of the counter polar electrical stream (the western and east electrical streams of a polar electrojet) passing at other geographic latitude than more southern geographic latitude of an arrangement of magnetic observatory of "Nurmiyarvi". From this it follows that it is desirable that the geographic latitude at which any differential magnetic measurements in the Arctic region are taken whenever possible corresponded to the geographic latitude of the nearest magnetic observatories with an accuracy of three hundred kilometers as conditions with existence of various sources of geomagnetic variations in the Arctic region considerably rigider, than in middle latitudes. Besides, from the given results, it is possible to assume that anomalies of the first type with an amplitude of 11-25 nT, with period  $T1 \approx 10$  seconds are bound generally to the hindrances which arose because of the uncontrollable movements on a latitude, a longitude and a depth of the towed container with the sensor of a magnetometer and there of changes of size and a sign of deviation hindrances from the ship tower. The second and third type of anomalies of the geomagnetic field with an amplitude about 3 - 5 nT and periods  $T2 \approx 150$  sec. and  $T3 \approx 450$  sec., apparently, can be bound as to local features of geomagnetic disturbances in an auroral zone. The fourth and fifth type of anomalies of the geomagnetic field with an amplitude about 30 nT and periods  $T4 \approx 800-1050$  sec. and  $T5 \approx 3000$  sec., apparently, can be bound to anomalies of the constant geomagnetic field which sources are in Earth's crust of the Barents sea region.

### **Dayside polar substorm behavior: Case study**

N.G. Kleimenova<sup>1</sup>, L.I. Gromova<sup>2</sup>, S.V. Gromov<sup>2</sup>, N.R. Zelinsky<sup>1</sup>, L.A. Dremukhina<sup>2</sup>, L.M. Malysheva<sup>1</sup>, N.E. Vasilieva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Schmidt Institute of Physics of the Earth (IFZ RAN), Moscow*

<sup>2</sup>*Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere, and Radio wave Propagation, (IZMIRAN), Troitsk, Moscow*

In our previous studies we have identified the specific polar-latitude ( $>70^\circ$ ) negative bay-like magnetic disturbances which are observed near the local noon under the northward IMF Bz. These disturbances occur on the contracted auroral oval similarly to the evening polar substorm. Due to that, we call them “*dayside polar substorms*” and are considering the polar-latitude NBZ field-aligned currents (FAC) as their source. To confirm this hypothesis, we continued comprehensive detailed studies the dayside negative polar magnetic bays and present here the results of such analysis of the data collected from the IMAGE magnetometer chain including the Svalbard during the initial phase of the magnetic storm on January 22, 2012. The discussed daytime substorm (09-11 UT) was observed under the northward IMF Bz and very strong negative IMF By (about -30 nT) with the ratio of  $|B_y|/|B_z| \sim 3$ . In the considered time interval, there were no magnetic disturbances in the night side of the Earth as well as in the auroral latitudes ( $AL$ -index  $< 150$  nT). The *SUPERDARN* data showed the significant change in the high-latitude ionosphere convection. Before and after the discussed dayside substorm, there was two-vortex convection distribution. When the IMF Bz became large positive, and the IMF By large negative, the convection vortices weakened. However, some small additional vortices appeared near noon which could be interpreted as the NBZ FAC occurrence. The AMPERE data, based on the magnetic measurements on 66 globally distributed low-altitude satellites, demonstrated the counter-clockwise magnetic vortex above Svalbard stations and very intensive upward FACs which were surrounded by two layers of the downward currents, located to the north and south. These FACs could provide the necessary energy for the dayside polar magnetic bay generation. But, the source of these FACs is still unknown. The wave structure of the considered negative bay represented by several bursts of the ULF non-resonant pulsations in the Pc5/Pi3 frequency range (2-7 mHz). Similar noise-like pulsations were recorded by *THEMIS* in the inner magnetosphere, but not in the IMF. The source of pulsations could be, probably, related with the magnetosheet turbulence penetrating into the magnetosphere in the day cusp region.

### **Peculiarities of magnetic field disturbances induced by tsunami 11.03.2011 in coastal zone of Japan**

Yu.A. Kopytenko<sup>1</sup>, V.S. Ismagilov<sup>1</sup>, M. Hayakawa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*SPBF IZMIRAN, St.-Petersburg, Russia;*

<sup>2</sup>*Institute of Seismo Electromagnetics, Chofu Tokyo, Japan*

Catastrophic earthquake with magnitude  $M=9$  happened 11.03.2011 at 05:46:24 UT near the eastern coast of Japan. The earthquake epicenter was located  $\sim 373$  km from Tokyo. In this work, we investigated magnetic field variations induced by tsunami movement. Data of six three-component magnetic stations situated in the coastal zone of Japan were used. Comparing magnetic and seismic variations, we found that the seismic signal arrived  $\sim 1$  minute earlier at the magnetic observation Esashi (situated at  $\sim 40$  km from sea). We observe magnetic field variations with period  $T=30-40$  s in contrast to seismic field variations. It is possible that these variations are closely related with process of the tsunami origination. Decreasing in Z component value ( $\sim 3$  nT) just after the main seismic shock can arise from a vertical displacement of a part of the ocean crust as a result of the EQ. These peculiarities of the magnetic field variations aroused  $\sim 7$  minutes before the tsunami wave arriving at the coastline. We found also that a spectrum of magnetic variations induced by tsunami has complicated nature and it contain signals with periods  $\sim 500, 45, 22, 15$  and 13 seconds.

### **Periodic auroral restructuring before substorm onset: Dependence on substorm intensity**

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

The periodic arc restructuring of the repetitive poleward excursion of the auroral arc is typically observed at the location of subsequent substorm onset before  $T_0$ . This feature can be explained by an apparent latitudinal motion of the phase of oscillations inside the field-lined resonance (FLR) conjugate to the onset arc. However, to claim that the

## ***Geomagnetic storms and substorms***

occurrence of the FLR is a necessary condition of substorm initiation, one should explain the lack of such restructuring in other events. Here by investigating statistically the presence of arc restructuring dependency of substorm intensity we test the possibility that for weak events the field-aligned current inside the correspondent FLR may be not sufficient to produce the optical effect under study.

## **THEMIS space-ground observations in midnight sector during the substorm recovery phase**

T.V. Kozelova, B.V. Kozelov (*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*)

The undulations of the poleward border of the midnight side diffuse aurora occurring in the recovery phase of substorm on 14 November 2014 is discussed. We use ground-based optical and magnetic field observations to examine the aurora dynamics associated with the ionospheric equivalent currents in conjunction with perturbations of particles flux and with development of magnetic and electric field variations in the equatorial plane in space at *THEMIS* satellite.

## **Charactering the geomagnetic field variability for the study of magnetic storm and substorm impact on electric power lines**

V.A. Pilipenko<sup>1</sup>, V.B. Belakhovsky<sup>2</sup>, Ya.A. Sakharov<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Geophysical Center, Moscow*

<sup>2</sup>*Institute of the Physics of the Earth, Moscow*

<sup>3</sup>*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*

The geomagnetically induced current (GIC) intensity is determined by variations of geomagnetic field. Predominantly geomagnetic field disturbances are oriented in the N-S direction, and produced by the E-W ionospheric currents. Thus, such disturbances seemingly will not induce any significant GIC in a latitudinally-oriented system. However, during magnetic storms GIC in power systems elongated in the N-S direction were quite significant. The relative contribution of geomagnetic disturbances into GIC enhancements are examined using data from GIC-recording system deployed by Polar Geophysical Institute. We apply to the IMAGE magnetometer data for the geomagnetic storm 17 March 2013 various techniques to characterize the geomagnetic field variability: vector mapping of time series, and a measure of time variations of vector angle cosines. This technique has shown that ionospheric currents fluctuate not just in E-W direction, but chaotically in both E-W and N-S directions. So these fluctuations can't be described only by variations of the auroral electrojet intensity but the model of the GIC estimation must take into account small scale current systems in the ionosphere.

## **Once again about Substorms**

V.A. Sergeev, E.I. Gordeev, M.A. Shukhtina (*St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia*)

After 50 years of substorm-related research we now face with a new wave of criticism aimed to revise the definition and understanding of what the substorm is. First, the substorms does not serve well as simple building block to construct any strong perturbation in the magnetosphere; the magnetospheric perturbations are variable, diverse and complicated, and every substorm itself is an individual mix of ingredients. Second, the claim that magnetotail energy loading/unloading sequence provides the main energy reservoir for energy dissipated in substorms, is not fully proved (partly because of difficulties to monitor quantitatively the global magnetic flux transport), and is therefore disputed by many people. Third, some traditional basic concepts are currently under the revision (like the role of tail flux increase in the configurational changes during the growth phase that lead to substorm onset). Last but not least, different global simulation tools which are now available, often demonstrate different scenarios of magnetotail global behavior, that is, different kinds of virtual realities, which increadibly complicates the situation.

By this talk we would like to initiate some discussion about possible ways to act in this situation, including a reformulation of substorm paradigm; critical issues which need to be addressed observationally (and how); a need to improve the global system state characterization as well as the global code benchmarking etc.

## On the role of solar wind velocity and density in the magnetospheric plasma acceleration

N.A. Stepanov<sup>1,2</sup>, V.A. Sergeev<sup>1</sup>, N.P. Dmitrieva<sup>1</sup>, D.A. Sormakov<sup>2</sup>, Y. Ogawa<sup>3</sup>

<sup>1</sup>St. Petersburg State University, Ulyanovskaya 1, St. Petersburg 198504, Russia (e-mail: victor@geo.phys.spbu.ru)

<sup>2</sup>Arctic and Antarctic Research Institute, St. Petersburg, Russia.

<sup>3</sup>National Institute of Polar Research, Tokyo, Japan

A well-known substorm-related plasma acceleration in the magnetosphere, launched by the arrival of southward IMF and dayside reconnection, is considered as a primary magnetospheric acceleration process. Less appreciated is that the state of solar wind plasma controls the background plasma sheet parameters, which themselves influence the acceleration of magnetospheric plasma. Recently importance of such solar wind control was discussed in relation to the chorus wave acceleration (which provides the population for the radiation belts) as well as to the intensity of field-aligned electrostatic acceleration (contributing to the ionospheric conductivities and ground magnetic perturbations), which depends on plasma sheet electron parameters  $T_e$  and  $N_e$  proportionally to  $eTN = (T_e)^{1/2} / N_e$ . In this talk we emphasize the comparative role of SW control and substorm acceleration on the  $eTN$  parameter variations, which regulates both the field-aligned auroral electron acceleration and precipitation as well as energetic ion outflows into the magnetosphere from these regions.

Using data of six *THEMIS* tail seasons we confirm statistically that behavior of PS parameters, taken near the central plane of nightside plasma sheet at  $\sim 10R_e$  distance, depends on two different factors: solar wind state and substorms. Superposed epoch study of plasma sheet parameter variations during substorms as well as the analyses of plasma acceleration at the dipolarization fronts both confirm, that during the substorm expansion phase new (accelerated and plasma-depleted) population comes into the inner CPS, causing an average increase of  $eTN$  parameter by a factor 2 above its background values. The substorm variation is, however, smaller than the SW-induced modulation of  $eTN$  background.

Based on 10 years long data base of *EISCAT* observations in Scandinavia, we also investigate statistically the ionospheric conductivity variations, and confirm that the electron energization provides a major increase of the precipitated electron energy flux and preferential increase of Hall conductivity and ground magnetic perturbations. These effects are of key importance in understanding the real basics of magnetic variation-based monitoring of magnetospheric activity.

## TEC fluctuations and positioning errors during auroral disturbances

I.I. Shagimurtov<sup>1</sup>, S.A. Chernouss<sup>2</sup>, I.E. Zakharenkova<sup>1</sup>, N.Yu. Tepetnitzina<sup>1</sup>, M.V. Filatov<sup>2</sup>, Yu.A. Kopytenko<sup>3</sup>

<sup>1</sup>WD IZMIRAN, Kaliningrad, Russia

<sup>2</sup>Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia

<sup>3</sup>SPB IZMIRAN, St- Petersburg, Russia

We used the high latitude GPS observations of the IGS (International GNSS Service) network to study the GPS TEC fluctuations during the 17 March 2015 storm. The ionospheric activity was evaluated by parameters of TEC fluctuations intensity: ROT (Rate Of TEC) and ROTI (Rate Of TEC Index). We analyzed the TEC fluctuations associated with auroral disturbances, by using the European GPS stations at latitudes from 50 to 70N. The strong TEC fluctuations are more common in the nightside auroral oval. A distinguish feature of this storm is that the main phase of the storm occurred during day time in Europe. It was unusual that during the time the TEC fluctuations were registered till 52-56N. We found the high correlation of the GPS positioning errors with ROTI. The positioning errors were computed using the GIPSY-OASIS software for the stations located at different latitudes. We also analyzed the dependence of errors from time resolution in the range from several hours to five minutes. It was found that the positioning errors essentially increase with decrease of the time resolution. As shown by [2] and [1] the positioning errors can reach more than tens meters during auroral disturbances. It is of high importance for navigation in Arctic. This investigation was partially supported by RFBR Grant No. 16-05-01077.

1. Kalitenkov, N.V., Chernouss, S.A., 2011. The dependence of GPS positioning deviation on auroral activity, International Journal of Remote Sensing 32, 3005-3017.

2. Smith, A.M., Mitchell, C.N., Watson, R.J., Meggs, R.W., Kintner, P.M., Kauristie K., Honary, F., 2008. GPS scintillation in the high arctic associated with an auroral arc. Space Weather 6, doi:10.1029/2007SW000375.

## **Авроральный овал и внешний электронный радиационный пояс (обзор)**

Е.Е. Антонова<sup>1,2</sup>, В.Г. Воробьев<sup>3</sup>, М.О. Рязанцева<sup>2</sup>, И.П. Кирпичев<sup>2</sup>, О.И. Ягодкина<sup>3</sup>, И.Л. Овчинников<sup>1</sup>, В.В. Вовченко<sup>2</sup>, М.В. Пулинец<sup>1</sup>, С.С. Знаткова<sup>1</sup>, А.И. Демьянов<sup>1</sup>, Н.В. Сотников<sup>4</sup>, М.В. Степанова<sup>5</sup>

<sup>1</sup> НИИЯФ имени Д.В. Скобелева МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия

<sup>2</sup> ИКИ РАН, г. Москва, Россия

<sup>3</sup> Полярный Геофизический институт РАН, г. Апатиты (Мурманская обл.)

<sup>4</sup> Физический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

<sup>5</sup> Университет Сантьяго де Чили, Чили

Суммированы результаты экспериментальных и теоретических работ, демонстрирующих тесную связь авроральных процессов с процессами формирования внешнего электронного радиационного пояса в магнитосфере Земли. Рассмотрены проблемы проецирования аврорального овала на экваториальную плоскость, формирования системы токов в магнитоспокойное время и во время магнитных бурь, ускорения и потерь электронов внешнего радиационного пояса. Повышенные потоки электронов внешнего пояса, как правило, возникают на фазе восстановления магнитных бурь. Электроны таких аномально высоких потоков часто называют «электронами – киллерами спутников». Обсуждается вклад турбулентного переноса и локального ускорения в формирование характеристик внешнего электронного пояса.

## **Сравнительные характеристики параметров межпланетной среды в периоды регистрации магнитосферных суббурь различной интенсивности**

В.Г. Воробьев, О.И. Ягодкина, В.Л. Зверев

*Полярный геофизический институт, Апатиты, Россия*

*e-mail: vorobjev@pgia.ru*

Рассмотрены характеристики межпланетной среды и индексы магнитной активности как в периоды фазы развития изолированных магнитосферных суббурь разной интенсивности, так и в интервалах 1, 2 и 3 часа до момента  $T_0$ . Всего рассмотрено более 170 суббурь, интенсивность которых определялась по 1 мин значениям AL индекса. Показано, что наземные индексы и параметры плазмы солнечного ветра возрастают с ростом интенсивности последующей суббури. Так, слабые суббури ( $|AL_{max}| < 300$  nT) возникают при значениях PC индекса  $\sim 0.5$ , в то время как сильные ( $|AL_{max}| > 600$  nT) суббури при  $PC \sim 1.5$  единиц индекса. Соответствующие значения *Dst* индекса составляют примерно -4 нТл и -17 нТл соответственно. Как скорость, так и плотность плазмы солнечного ветра, упорядоченные относительно интенсивности наблюдаемых в этот период суббурь, увеличиваются с ростом последующей суббуревой активности. И это происходит несмотря на то, что в среднем скорость солнечного ветра уменьшается с ростом его плотности. Значения южной Vz компоненты, как и следовало ожидать, увеличиваются с ростом величины последующего возмущения и с приближением интервала суммирования к  $T_0$ . Отрицательные значения Vy компоненты ММП доминируют для слабых и средних суббурь, но знак Vy не имеет значения для сильных суббурь. Суббури, особенно низкой и средней интенсивности, с наибольшей вероятностью появляются в интервале 08-12 UT. В это время ось геомагнитного диполя наклонена в утреннюю сторону, и в сочетании с отрицательными значениями Vy компоненты ММП можно ожидать появления «эффективной» отрицательной Vz.

## **Деятельность Центра прогнозов космической погоды ИЗМИРАН**

С.П. Гайдаш<sup>1</sup>, А.А. Абуни<sup>1</sup>, М.А. Абунина<sup>1</sup>, А.В. Белов<sup>1</sup>, И.И. Прямушкина<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ИЗМИРАН, г. Москва, Россия

<sup>2</sup> ГАПОУ БНК, г. Бугуруслан, Россия

Одной из актуальных фундаментальных и прикладных задач солнечно-земной физики является заблаговременное прогнозирование параметров космической погоды и оценка её влияния на различные природные, технологические и биологические системы, находящиеся как на Земле или в околоземном пространстве, так и в любой точке солнечной системы. На данный момент в мире существуют несколько

научно-исследовательских центров, которые занимаются прогнозированием различных параметров космической погоды. К таким параметрам можно отнести, например, индексы солнечной и геомагнитной активности, потоки солнечных космических лучей и потоки релятивистских электронов на геостационарных орбитах.

В данной статье представлена общая информация о работе Центра прогнозов космической погоды ИЗМИРАН. Приведены примеры основной продукции этого центра: обзоры и прогнозы космической погоды, алерты и т.д. Описаны основные проблемы организаций, которые занимаются прогнозированием космической погоды. Предложена идея создания единой национальной гелиогеофизической службы.

## **Влияние $B_y$ ММП на дневные бухтообразные магнитные возмущения в высоких широтах**

Л.И. Громова, С.В. Громов

*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн, Москва, Троицк, Россия*

Рассматриваются дневные полярные бухтообразные магнитные возмущения на ранней стадии фазы восстановления двух интенсивных магнитных бурь: 24 мая 2000 г. ( $Dst_{min} = -173$  нТл) и 22-23 июня 2015 г. ( $Dst_{min} = -208$  нТл), развивавшихся при похожих условиях в межпланетном магнитном поле (ММП) и солнечном ветре. Особенностью этих бурь было нетипичное для фазы восстановления появление длительного (до 4 часов) интервала больших отрицательных значений  $B_z$  ММП (до  $\sim -15$  нТл). При этом скорость солнечного ветра оставалась неизменной и относительно высокой (600 - 700 км/с) при небольшом, мало меняющемся динамическом давлении. Однако 24 мая 2000 г.  $B_y$  компонента ММП скачкообразно варьировалась от положительных до больших отрицательных (до  $-18$  нТл) значений, оставалась отрицательной более 2 часов, затем снова возвращаясь к положительным, а 23 июня 2015  $B_y$  компонента ММП была слабо положительной в течение всего исследуемого интервала. Во время анализируемых событий развитие наземных высокоширотных геомагнитных возмущений в ночном секторе авроральной зоны было схожим, значение индекса  $AL$  слабо менялось около  $-1000$  нТл. Геомагнитная активность в полярной шапке характеризовалась дневными суббурями. На скандинавском профиле IMAGE дневные высокоширотные возмущения 24 мая 2000 г представляли собой серию положительных и отрицательных бухт, следовавших друг за другом согласно изменениям знака  $B_y$  ММП. 23 июня 2015 г. в изучаемый 4-х часовой интервал наблюдалась отрицательная бухта (до  $-400$  нТл). Показано, что на развитие дневных полярных бухт ( $\Phi > 70^\circ$ ) 24 мая 2000 г. оказывали влияние зависящие от знака  $B_y$  дневные высокоширотные  $DPY$ -токовые системы. Превосходство величины  $B_y$  компоненты ММП над величиной  $B_z$  ММП ( $|B_z|/|B_y|$  варьировалось от 0.3 до 0.9) обеспечило усиление системы  $DPY$ . Напротив, во время бури 23 июня 2015 г.  $B_z$  компонента ММП преобладала над  $B_y$  ( $|B_z|/|B_y| \approx 3$ ), соответствующая  $DPY$ -токовая система не развилась, поэтому отрицательная бухта при  $B_y > 0$  могла быть обусловлена другими источниками. Предполагается, что влияние  $B_y$  ММП на дневные полярные суббури существенно зависит от величины отношения компонент ММП  $|B_z|/|B_y|$ .

## **Дневные магнитосферно-ионосферные возмущения как отклик на резкие возрастания динамического давления солнечного ветра: событие 21-22 июня 2015 г.**

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

*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН (ИЗМИРАН), г. Москва, г. Троицк, Россия  
e-mail: dremukh@izmiran.ru*

Наше исследование является продолжением работ, посвященных анализу одной из мощных магнитных бурь 24-го цикла солнечной активности 21-23 июня 2015 года с  $Dst_{min} = -204$  нТл. В них рассматриваются геомагнитные эффекты в дневном секторе высоких широт на разных фазах бури. Анализируемая буря характеризуется необычно длинной начальной фазой, которой предшествовал длительный (около двух суток) интервал очень спокойного солнечного ветра с близкими к нулю значениями  $B_z$  и  $B_y$  ММП. В течение начальной фазы бури к магнитопаузе подошли три резких ударных фронта с возрастаниями динамического



## *Geomagnetic storms and substorms*

давления  $Pd$  до значений  $\sim 12, 10$  и  $60$  нПа, обусловленных, в первых двух случаях, возрастанием плотности солнечного ветра при низких значениях скорости, а в третьем, самом мощном, также и возрастанием значений скорости солнечного ветра. Главная фаза бури началась только после третьего скачка  $Pd$ , во время которого  $Bz$  ММП повернулась к югу и достигла значений  $\sim -37$  нТл. В исследовании используются данные о вариациях параметров солнечного ветра и одновременных наземных магнитных измерений скандинавского профиля IMAGE и антиподной по LT северо-американской сети обсерваторий, данные о потоках энергичных ионов и протонов в области аврорального овала со спутника DMSP, а также данные измерений магнитосферного магнитного поля низкоорбитальными спутниками миссии SWARM, траектория которых лежит вблизи полуденно-полуночного меридиана. Показано, что сценарий развития возмущений в дневной полярной области определяется предысторией условий в солнечном ветре, направлением ММП и соотношением между величинами его компонент  $Bz$  и  $By$ . Анализ спектральных особенностей энергичных электронов и ионов над исследуемой областью показывает возрастание потоков электронов с энергиями  $0.1-3$  кэВ и протонов с энергиями  $1.0-10$  кэВ после каждого динамического удара солнечного ветра. Полученные в результате обработки магнитограммы спутников SWARM свидетельствуют о том, что после воздействия на магнитопаузу динамического удара в дневном секторе геомагнитных широт  $\sim (75-85)^\circ$  развиваются продольные токи с плотностью до  $\sim 0.5$   $\mu\text{A}/\text{m}^2$ . После поворота  $Bz$  ММП к югу интенсивность продольных токов возрастает, а зона их локализации смещается к экваториальным широтам на  $(5-7)^\circ$ . Мы полагаем, что развитие и интенсификация таких токовых систем приводит к развитию дневных отрицательных бухтообразных возмущений, регистрируемых наземными магнитометрами.

## **Особенности частотных спектров геомагнитных пульсаций в высокочастотной области диапазона Pc1 (6-13 Гц) в период магнитной бури 20-29.11. 2003**

Е.Н. Ермакова<sup>1</sup>, А.Г. Демехов<sup>2</sup>, А.Г. Яхнин<sup>2</sup>, Т.А. Яхнина<sup>2</sup>

<sup>1</sup>НИРФИ ННГУ им. Н.И. Лобачевского, Н. Новгород, Россия

<sup>2</sup>Полярный геофизический институт, г. Апатиты, Россия

На основе анализа данных многолетнего мониторинга горизонтальных компонент УНЧ магнитного шума на среднеширотной обсерватории Новая Жизнь ( $L=2.6$ ) обнаружен новый случай наблюдения геомагнитных пульсаций в высокочастотной области диапазона Pc1 (6-13 Гц), в дополнение к описанному нами ранее событию 07-14.11.2004 [1]. Подобно вышеупомянутому случаю, новое событие зарегистрировано во время сильной магнитной бури (22 и 23 ноября 2003). Главная фаза экстремальной геомагнитной бури 20-29 ноября 2003 характеризовалась сильнейшим падением индекса геомагнитной активности  $Dst$  до значений менее  $-400$  нТл. «Высокочастотные» пульсации Pc1 были зарегистрированы во второй и третий дни восстановительной фазы бури. Анализ данных низкоорбитальных спутников NOAA, регистрирующих всплески в потоках высыпающихся и захваченных протонов, позволил обнаружить такие всплески в период наблюдения высокочастотной эмиссии в интервале геомагнитных широт  $51.8^\circ - 54.19^\circ$ , что свидетельствует о наличии областей ионно-циклотронной неустойчивости в этой зоне. Вероятно, она находилась на границе плазмопаузы, сместившейся на низкие широты во время сильного геомагнитного возмущения. Оценка геомагнитного поля по геомагнитной широте области всплесков в потоках энергичных протонов указывает на то, что эмиссия наблюдалась на частотах выше экваториальной гирочастоты ионов гелия. Результаты исследования амплитудно-частотных спектров «высокочастотных» Pc1 пульсаций 22-23.11.2003 показали, что спектрально-временная структура этих сигналов сильно отличается от случая, описанного в работе [1]. В докладе обсуждаются эти особенности и их возможные объяснения.

1. Ермакова Е.Н., Яхнин А.Г., Яхнина Т.А., Демехов А.Г., Котик Д.С. Спорадические геомагнитные пульсации на частотах до 15 Гц в период магнитной бури 7-14 ноября 2004 г: Особенности амплитудных и поляризационных спектров и связь с ионно-циклотронными волнами в магнитосфере // Изв. вузов — Радиофизика. — 2015. — Т. 58, № 8. — С. 607–622.

## **Исследование кинетических эффектов в динамике ионов в замкнутых магнитоплазменных конфигурациях с широким магнитным полем**

А.Ю. Малыхин<sup>1</sup>, Е.Е. Григоренко<sup>1</sup>, Х.В. Малова<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>ИКИ РАН, г. Москва, e-mail: anmaurdreg@gmail.com

<sup>2</sup>НИИЯФ им. Скобелева МГУ, г. Москва

Многочисленные спутниковые наблюдения показали, что в хвосте магнитосферы Земли довольно часто наблюдаются замкнутые магнитоплазменные конфигурации типа плазмоидов и магнитных островов с ненулевой компонентой  $V_y$ . Целью данной работы является изучение кинетических особенностей динамики неадиабатических ионов в токовом слое (ТС) внутри плазмоида, и их влияния на распределение плотности и функцию распределения в макроскопических. Для этого были исследованы траектории тестовых с массой соответствующей протону ( $H^+$ ) в заданной магнитной конфигурации с единичным стационарным плазмоидом, находящимся с хвостовой стороны от ближней магнитной X-линии. В работе использовалась модель обращенного магнитного поля, на невозмущенную конфигурацию которого ( $B_x(z)$ ,  $B_y=0$ ,  $B_z=const$ ) накладывалась  $B_z(x)$ -вариация, обеспечивающая нам плазмоидо-подобную конфигурацию, в которой  $B_y(x,z)$  задается колоколообразным профилем (максимальное значение поля  $B_y(x,z)$  соответствует  $8nT$ ). Также везде в системе присутствовало постоянное и однородное электрическое поле утро-вечер ( $E_y=0.1$  мВ/м). В описанной конфигурации запускались тестовые частицы с харрисовским распределением плотности в пространстве и каппа-распределением по энергии с изотропной функцией распределения по скоростям. Было показано что в плазмоиде с ненулевой  $V_y$ -компонентой, пространственное распределение плотности асимметрично, возникает кольцевой ток  $J_x$ - $J_z$ , циркуляция которого может поддерживать поле  $V_y$ , получена конечная функция распределения. Результаты данной работы согласуются с ранее полученными результатами по миссии *Cluster*. Данный результат является основой для дальнейшего изучения взаимодействия ионов с наблюдаемыми в плазмоидах электромагнитными флуктуациями.

Работа выполнена при поддержке российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ No16-52-16009; РФФИ No 16-02-00479; РФФИ No 16-32-00721).

## **Влияния геоиндуктированных токов на оборудование магистральных электрических сетей**

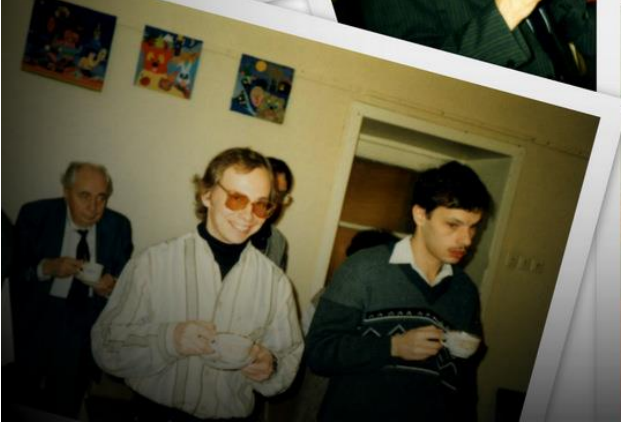
Я.А. Сахаров<sup>1</sup>, В.Н. Селиванов<sup>2</sup>, Б.В. Ефимов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Полярный геофизический институт, Россия, e-mail: sakharov@pgia.ru

<sup>2</sup>Кольский научный центр РАН, Россия

Продолжительные исследования влияния геомагнитных возмущений на работу магистральных электрических сетей в высоких широтах позволили установить некоторые факторы, способные привести к сбоям в работе оборудования и нарушению электроснабжения потребителей. В работе обсуждаются критерии, определяющие воздействие ГИТ на работу силовых трансформаторов. Предложены рекомендации по выбору типов основного электротехнического оборудования, в частности, силовых трансформаторов, при проектировании новых подстанций в северных районах России.







## **Effect of cyclic correction on solar quiet geomagnetic field variation**

I.A. Adimula, T.Y. Kolade-oje

*Department of Physics, University of Ilorin, Ilorin, Nigeria*

In analyses of the Sq field, it is necessary to determine and remove the non-cyclic variation, which is regarded as an aftereffect of magnetic storms and not part of the true Sq variation. For this study the cyclic correction method by Vestine (1947) and Rabi (2000) was used to correct for the non-cyclic variation in the horizontal components during solar quiet days of year 2007-2009 for seven stations along the 210MM. The results revealed that the corrected and uncorrected Sq(H) field shows the same pattern for diurnal, monthly and seasonal variation with observable differences most dominant at the peaks and minimum points between 6LT to 14LT. The non-cyclic variation field obtained was seen to be latitudinal dependent with YAP and CEB which are equatorial stations having the highest values and ASB, CGR, CMD, AMA and CKT showed irregular variation which is due to their latitudinal position. The Seasonal variation shows semi-annual pattern with maximum during the equinoctial season which is due to enhanced electron density at the equinox seasons.

## **Magnetosphere response times on two types of solar wind discontinuities**

N.P. Dmitrieva<sup>1</sup>, V.S. Semenov<sup>1</sup>, K.Yu. Slivka<sup>1</sup>, M.A. Shukhtina<sup>1</sup>, I.V. Kubyshev<sup>1</sup>, N.V. Erkaev<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>*Saint-Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia*

<sup>2</sup>*Institute of Computational Modeling, Russian Academy of Sciences, Siberian Branch, Krasnoyarsk, Russia*

<sup>3</sup>*Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia*

The time of the magnetosphere response on different types of solar wind discontinuities is an important parameter, allowing more detailed understanding of the solar wind/ magnetosphere interaction. The study of discontinuities also has the advantage of accurate timing, which stimulated us to undertake this work.

We chose to study the two most common types of interplanetary discontinuities – fast interplanetary shocks and so called directional discontinuities (DDs), characterized by sharp (lasting 2-3 minutes) change of the interplanetary magnetic field (IMF) direction at their front. Here we consider DDs, in which IMF Bz changes its sign. Variation of other parameters in such DDs may be different. In particular, IMF Bz may change its sign at the fronts of interplanetary shocks, tangential (TD) and rotational (RD) discontinuities.

We studied 27 fast shocks and 64 DDs with IMF Bz turning (29 S-N turnings from south to north and 35 N-S turnings from north to south). The response time was determined as the delay between the time of front contact with the subsolar bow shock and the time of beginning of the magnetic variation on the ground. When calculating the contact time the DD orientation and velocity were taken into account. The ground reaction was studied based on SYMH index for fast shocks and based on PC index for DDs. The PC index shows polar cap electric field increase/decrease for IMF Bz NS/SN turning.

The obtained results give the average delay time for fast shocks 1.6 min, and 12.2 min for IMF Bz turnings. For DDs the dependence of the delay time on the merging electric field as well as on the theoretical estimate of the magnetic barrier formation time was found. The delay time for fast shocks demonstrates weak dependence on the shock velocity and front orientation.

The results are compared with analytical and MHD models. The nature of two types of response times is discussed.

## **Observation of the proton and electron aurora dynamics and the SAR arc occurrence using the all-sky imager during the intense convection and substorm. Case study**

I.B. Ievenko, S.G. Parnikov

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

It is known that the 486.1 nm line (H-beta) is emitted by atomic hydrogen as a result of precipitation of protons with the energy of ~ 10-20 keV and their recharging at the altitudes of ionosphere E layer (proton aurora). The red line of atomic oxygen (630.0 nm) in the aurora is radiated at the ionosphere F2 region altitudes as a result of precipitation of



## ***Fields, currents, particles in the magnetosphere***

electrons with energies up to ~ 1-2 keV. The velocity of magnetic drift of the charged particles in the magnetosphere is proportional to their energy. The energy of particles does not influence to the electric drift.

In this work, the dynamics of electron and proton aurorae in the evening MLT sector at the Yakutsk meridian (130°E; 200°E, geom.) during the magnetic storm on January 7, 2015 using the all-sky imager (ASI) is analyzed. The angular westward motion velocity of the auroral structures in the 630.0 and 486.1 nm emissions along the magnetic latitude of 58°N at a high value of electric field of the solar wind  $-V_x \times B_z = 9$  mV / m (dawn-dusk) has been defined. On the basis of this parameter the value of radial component of the convection electric field and the precipitating protons energy have been estimated.

Next, ASI data show an intensification of aurorae in the 630.0 and 486.1 nm emissions in the range of geomagnetic latitudes of 56-61°N and occurrence of SAR arc at latitudes of 49-52°N in ~20 minutes after the onset of an intense substorm expansion. Measurements aboard the *Van Allen Probes A* satellite show a sharp increase of fluxes of the energetic H<sup>+</sup>, O<sup>+</sup> ions (injection boundary) at the L ~ 2.6-3.0 at the same time near the Yakutsk meridian. The satellite registers the overlapping of energetic ion fluxes with plasmopause in this L interval. This region is mapped by the SAR arc at lower latitudes (L ~ 2.2-2.6) pointing to the nondipole configuration of the geomagnetic field in the inner magnetosphere at the current values of SYM-H ~ -120 nT and ASY-H ~ 150 nT.

The research is supported by RFBR grants No 15-05-02372 a and No 15-45-05090 r\_vostok\_a.

## **Electron fluxes in the Earth's magnetosphere as measured by Lomonosov and Barrel**

V. Kalegaev<sup>1</sup>, M. Panasyuk<sup>1,2</sup>, A. Hartford<sup>3</sup>, R. Millan<sup>3</sup>, V. Benghin<sup>1</sup>, A. Bogomolov<sup>1</sup>, V. Bogomolov<sup>1,2</sup>, N. Chirskaya<sup>1</sup>, L. Lazutin<sup>1</sup>, I. Myagkova<sup>1</sup>, I. Nazarkov<sup>1</sup>, L. Novikov<sup>1</sup>, V. Petrov<sup>1</sup>, S. Svertilov<sup>1,2</sup>, N. Vlasova<sup>1</sup>, I. Yashin<sup>1</sup>, I. Zolotarev<sup>1</sup>, Y. Shprits<sup>4,5</sup>

<sup>1</sup>*Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

<sup>2</sup>*Physical Department of Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

<sup>3</sup>*Department of Physics and Astronomy, Dartmouth College, Hanover, New Hampshire, USA*

<sup>4</sup>*IGPP/ESS UCLA, Los Angeles, CA 90095-1567, USA*

<sup>5</sup>*GeoForschungsZentrum Potsdam (GFZ) Telegrafenberg, 14473 Potsdam, Germany*

Multi-instrument “*Lomonosov*” LEO satellite of Moscow State University was launched on 28 April 2016. One of the main tasks of this project is the study of the energetic particle populations in the Earth's magnetosphere. Elfin-L, Depron and BDRG instruments detect energetic particle fluxes in the radiation belts. Variations of the trapped and precipitated particle fluxes allow us to better understand the global dynamics of the magnetosphere. BARREL (The Balloon Array for Radiation belt Relativistic Electron Losses) project is addressed to study the energetic electron precipitations from the Earth's radiation belts. During the fourth BARREL campaign in Kiruna in August 2016 “*Lomonosov*” satellite carried out measurements of particle fluxes to be studied jointly with BARREL array and other spacecrafts and on-ground stations involved in the project. During several launches BARREL registered electron precipitations in the wide range of energies. Energetic electrons precipitations were also observed by “*Lomonosov*” satellite in the dusk-midnight sector usually in the Southern hemisphere region conjugated with Kiruna during the 4B-4E flights. Wave activity was simultaneously registered by *Van Allen Probe* satellites and Halley bay station. Comparative study of particle fluxes and EMIC and ULF waves demonstrate the role of the wave activity in particle scattering and precipitations.

## **Ground-based support of the ERG satellite mission at Kola Peninsula**

B.V. Kozelov<sup>1</sup>, A.G. Demekhov<sup>1</sup>, E.E. Titova<sup>1</sup>, Yu.V. Fedorenko<sup>1</sup>, A.V. Roldugin<sup>1</sup>, S.V. Pilgaev<sup>1</sup>, A.G. Yahnin<sup>1</sup>, Shin-ichiro Oyama<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Polar Geophysical Institute, Apatity, Murmansk region, Russia*

<sup>2</sup>*Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, Japan*

The ERG (Exploration of energization and Radiation in Geospace) project is a mission to elucidate acceleration and loss mechanisms of relativistic electrons around Earth during geospace storms. The satellite has been launched on December 20, 2016 to an equatorial orbit, which is similar to *Van Allen Probes* orbits but is located in a different local time sector.

Successful use of the ERG project data depends largely upon the ground-based observations in conjugate regions. The ERG spacecraft orbit is planned in such a way that its apogee should be conjugated with Scandinavia in February, and then the conjugate region will move eastward, i.e., towards Kola Peninsula. For this reason, the observatories of Polar Geophysical Institute (PGI) located at Kola Peninsula can give important additional extension of the ground-based support of the ERG mission. In this report we review the available equipment and preliminary data of the optical and VLF/ULF measurements. Capabilities and potential results of the coordinated observational campaigns are discussed on the examples of conjugations with *Van Allen Probes* and *THEMIS* satellites.

### **Current ring influence on the allowed and forbidden Stormer regions. The connection between these regions and the radiation belts intensity**

A.S. Lavrukhin<sup>1,2</sup>, I.V. Tyutin<sup>3</sup>, I.I. Alexeev<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics, M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

<sup>2</sup>*Faculty of Physics, M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

<sup>3</sup>*JSC "Distant Radiocommunication Scientific Research Institute", Moscow, Russia*

The influence of the ring current, which flows around a planet with intrinsic magnetic dipole field, on the allowed and forbidden Stormer regions of charged particles motion, which come from the infinity, is studied. These regions define the regions of space where the trapped particles may exist (regions of radiation belts). These trapped particles form the ring current, which arise due to their drift in the magnetic field of a planet plus the field of the current ring around the planet. With increasing the magnitude of the current from zero, a certain critical value occurs at some point, at which the further expansion of the particles trapping zone is impossible. At transition of this critical value of the ring current the closed trapping region disappears.

### **Convection heating of the electrons in the magnetotail: The role of $B_y$ magnetic field**

A.S. Lukin<sup>1,2</sup>, A.V. Artemyev<sup>1,3</sup>, E.V. Yushkov<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Space Research Institute, RAS, Moscow, Russia*

<sup>2</sup>*Department of Physics, Moscow State University, Moscow, Russia*

<sup>3</sup>*Institute of Geophysics and Planetary Physics, UCLA California, USA*

We consider the cold electron heating in a process of the earthward convection in the magnetotail magnetic field configuration. The heating is due uniform constant dawn-dusk convection electric field. We focused on the role of the magnetic field  $B_y$  in the electron heating and study dependence of electron spectra (field-aligned and transverse) for different  $B_y$  magnitudes. The magnetic field configuration is chosen to be close to 2D magnetotail the current sheet with gradients in both north-south and Earth-Sun directions. Time-scale of electron convection from the distant tail to Earth is about tens of minutes for enhanced convection and a few hours of quiet geomagnetic conditions. To integrate numerical large ensemble of electron trajectories at this time-scale, we apply the guiding center approximation with the equations written in the Hamiltonian form. We studied range of system parameters, for which this approach well describes the dynamics of electrons. We calculate the evolution of the electron spectra during the convection in the geometry of magnetotail with  $c B_y = 0$  and  $B_y \neq 0$ . The results of numerical calculations are compared with data of satellite observations of the electron distribution function.

### **Dynamics of relativistic and sub-relativistic electron fluxes near the polar boundary of the Outer Radiation Belt from Lomonosov and Vernov space missions**

I. Myagkova<sup>1</sup>, A. Bogomolov<sup>1</sup>, V. Kalegaev<sup>1</sup>, S. Svertilov<sup>1,2</sup>, S. Bobrovnikov<sup>1</sup>, V. Barinova<sup>1</sup>, V. Bogomolov<sup>1,2</sup>, M. Panasyuk<sup>1,2</sup>, V. Petrov<sup>1</sup>, I. Yashin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics, MSU, Moscow, Russia*

<sup>2</sup>*Lomonosov Moscow State University, Physical Department, Moscow, Russia*



## ***Fields, currents, particles in the magnetosphere***

One of the main goals of «*Vernov*» and «*Lomonosov*» MSU projects is detailed study of distribution of energetic electrons in near-Earth space, in particular the dynamics of relativistic electrons in the outer electron belt of the Earth. Payloads for «*Lomonosov*» and «*Vernov*» LEO satellites were created in Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics, of Moscow State University. «*Vernov*» satellite was launched on July 8, 2014 to a solar-synchronous orbit with altitude from 640 to 830 km and inclination of 98.4°. Scientific information from the satellite was received from July 20, 2014 till December, 10, 2014 during and after local minimum of outer electron belt of the Earth. «*Lomonosov*» were launched to circular solar-synchronous orbit with altitude about 500 km and inclination of 97.3° on 28 April 2016. Scientific information from the satellite was first received on May 13, 2016. Recently the data continue to come in. To measure the fluxes and spectra of trapped and precipitating electrons on board «*Vernov*», the instrument DRGE (detectors for study of X-rays, gamma-rays, and electrons), RELEC (relativistic electrons) equipment was used. These instruments can detect hard electromagnetic radiation (energy range 0.01– 3.0 MeV) and relativistic and sub-relativistic electrons (energy range 0.2–15 MeV). The instrument consists of three units: two identical modules DRGE-1 and DRGE-2 and module DRGE-3, based on three identical detectors directed 90° from each other. DRGE detectors operated on board «*Lomonosov*» are similar to DRGE-1 and DRGE-2 ones. During both «*Lomonosov*» and «*Vernov*» missions sharp peaks of electron flux were observed at the polar boundary of the outer ERB. For «*Vernov*» data they were explained as isotropization area of electron fluxes. During «*Vernov*» experiment wave activity was also simultaneously measured. Comparative study of particle fluxes and EMIC and ULF waves can help us to understand the role of the wave activity in the scattering and precipitation of electrons. The work was supported by the Russian Scientific Foundation (project no. 16-17-00098).

## **A combined hybrid-paraboloid model of Mercury's magnetosphere**

D.A. Parunakian<sup>1</sup>, S. Dyadechkin<sup>2</sup>, I.I. Alexeev<sup>1</sup>, E.S. Belenkaya<sup>1</sup>, M.L. Khodachenko<sup>3</sup>, E. Kallio<sup>2</sup>, M. Alho<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Moscow State University Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics*

<sup>2</sup>*Aalto University*

<sup>3</sup>*Space Research Institute, Austrian Academy of Sciences*

In this paper we introduce a novel approach of planetary magnetosphere modelling that involves a combination of the hybrid model (HYB) and the Paraboloid Magnetosphere Model (PMM); we further refer to it as the Combined Hybrid Model (CHM). Using this setup we compare the locations of the bow shock and the magnetopause as determined by simulations with the locations predicted by standalone PMM runs, and also verify magnetic and dynamic pressure balance at the magnetopause. We also compare the results produced by these simulations to observational data collected by the magnetometer on board the MESSENGER spacecraft along a dusk-dawn orbit, and discuss the signatures of magnetospheric features that appear in these simulations.

## **Spectrometric observations of 630.0 nm emission equatorwards auroral oval during undisturbed days in Lovozero**

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

Spectral observations in Lovozero observatory reveal the cases of 630.0nm emission enhancement in dusk during quiet magnetic conditions and lack of 1PGN2 or hydrogen emissions. The intensity of the red line reduces for one – two hours to usual value after start of the observation. The *DMSP* satellites show strong intensification of electron flux under the electron energy decrease from 100 to 30 eV; the last value is limit of energy measurements. The influence of the sunlight in F-region on the emission intensity is discussed.

## **Analytical theory of magnetic reconnection**

V.S. Semenov, I.V. Kubyshekin (*Institute of Physics, University of St-Petersburg, St-Petersburg, Russia*)

Magnetic reconnection is an important process in space plasma leading to fast and often explosive-like conversion of magnetic energy into kinetic and internal energy of plasma and rapid reconfiguration of magnetic topology. The analytical approach is developed for the time dependent regime of reconnection for a simple initial current sheet configuration.

## **The morphological characteristics of energetic proton precipitation equatorward of the isotropy boundary as measured by NOAA POES**

N.V. Semenova<sup>1</sup>, T.A. Yahnina<sup>1</sup>, A.G. Yahnin<sup>1</sup>, A.G. Demekhov<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*

<sup>2</sup>*Institute of Applied Physics, Nizhny Novgorod, Russia*  
e-mail: nadezhda.semenova@gmail.com

On the basis of NOAA POES observations we constructed a map of the global occurrence rate of energetic proton precipitation (EPP) equatorward from the isotropy boundary. It is shown that the occurrence rate of EPP within anisotropy zone is maximal in the afternoon sector at L=6-9 and decreases to dawn and dusk. There is a tendency to growth of the occurrence rate with the increase of solar wind dynamic pressure and geomagnetic activity. We compared the global distribution of EPP with observational statistics of EMIC waves revealed from magnetospheric spacecraft data, and found the remarkable similarity. This confirms that EPP events are the result of the ion-cyclotron instability in the equatorial magnetosphere.

## **Kinetic models of sub-ion cylindrical magnetic hole**

P.I. Shustov<sup>1,2</sup>, A.V. Artemyev<sup>1,3</sup>, I.Y. Vasko<sup>1,4</sup>, E.V. Yushkov<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Space Research Institute, RAS, Moscow, Russia*

<sup>2</sup>*Department of Physics, Moscow State University, Moscow, Russia*

<sup>3</sup>*Institute of Geophysics and Planetary Physics, University of California, Los Angeles, California 90095, USA*

<sup>4</sup>*Space Sciences Laboratory of University of California, Berkeley, California 94720, USA*

Magnetic holes are magnetoplasma structures widely observed in the space plasma. These structures represent the stable depressions of the magnetic field. The spatial-scale of these structures vary from several electron gyroradii of about 1 km to about millions of km of sizes. We are considering the structure with a spatial-scale of the order of the ion gyroradius (about 1000 km). We consider the self-consistent equilibrium solution of the Vlasov-Maxwell equations for such structures. This solution has been founded by generalization the two types of plane equilibrium solutions in the case of cylindrical symmetry. For both models we derived a generalized equation Grad-Shafranov. equation and consider effect of the background plasma. It is shown that the magnetic configuration of the holes in the presented models are similar to the data of satellite observations in the near-Earth plasmasheet. On the basis of the constructed models we considered the possible relative contribution of ion and electron currents in to the formation of magnetic holes.

## **Short-time electron flux variations in the near-Earth space as measured on the Lomonosov and Vernov space missions**

S. Svertilov<sup>1,2</sup>, I. Myagkova<sup>1</sup>, A. Bogomolov<sup>1</sup>, V. Bogomolov<sup>1,2</sup>, A. Prokhorov<sup>1,2</sup>, V. Kalegaev<sup>1</sup>, V. Barinova<sup>1</sup>, M. Panasyuk<sup>1,2</sup>, V. Petrov<sup>1</sup>, I. Yashin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

<sup>2</sup>*Physical Department of Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

The short-time variations of sub-relativistic and relativistic (0.1 – 3.0 MeV) electron flux variations were detected during Vernov and Lomonosov missions in the different parts of near-Earth space, including Aurora regions. The typical times of such events are in the range from several milliseconds up to dozen of seconds and even minutes. The spatial effects caused by satellite crossing of electron beams or other areas with increased electron density and pure temporal, i.e. burst-like phenomena may be among them. Such short electron flux increases are observed at 500-800 km altitudes as at high latitudes in the Polar Regions as near the geomagnetic equator and can imitate effectively via bremsstrahlung the astrophysical burst phenomena, such as cosmic gamma ray bursts, practically in the all near-Earth space. The map of these events will be presented, as well as the time and energy spectrum parameters. Because the part of these events are observed near the precipitation areas, they possible connection with precipitation and magnetic-wave environment will be discussed.

### **Kinetic theory of magnetic flux ropes. Cluster observations**

A.A. Vinogradov<sup>1</sup>, I.Y. Vasko<sup>2,3</sup>, E.V. Yushkov<sup>1,2</sup>, A.V. Artemyev<sup>2</sup>, A.A. Petrukovich<sup>2</sup>, L.M. Zelenyi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Moscow State University, Faculty Of Physics, Moscow, Russia*

<sup>2</sup>*Space Research Institute, Moscow, Russia*

<sup>3</sup>*University of California, Berkeley, USA*

Magnetic flux ropes (MFR) are universal magnetoplasma structures (similar to cylindrical screw pinches) formed in reconnecting current sheets. In particular, MFR with scales from about the ion inertial length to MHD range are widely observed in the Earth magnetosphere. Typical MFR

have force-free configuration with the axial magnetic field peaking on the MFR axis, whereas bifurcated MFR with an off-axis peak of the axial magnetic field are observed as well. In the present work, we develop kinetic models of force-free and bifurcated MFR and determine consistent ion and electron distribution functions. The magnetic field configuration of the force-free MFR represents well-known Gold-Hoyle MFR (uniformly twisted MFR). We show that bifurcated MFR are characterized by the presence of cold and hot current-carrying electrons. The developed models are capable to describe MFR observed in the Earth magnetotail as well as MFR recently observed by Magnetospheric Multiscale Mission at the Earth magnetopause.

### **Current sheet thinning in near and distant magnetotail by Cluster and THEMIS statistics**

E.V. Yushkov<sup>1,3</sup>, A.V. Artemyev<sup>1,3</sup>, A.A. Petrukovich<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Space Research Institute, Moscow, Russia*

<sup>2</sup>*Lomonosov University, Moscow, Russia*

<sup>3</sup>*University of California, Los Angeles, USA*

We compare thinning and stretching process for horizontal current sheets in near ( $X \sim -10 R_E$ ) and distant ( $X \sim -20 R_E$ ) magnetotail, using data collected by *Cluster* and *THEMIS* spacecraft missions. We study relations between current and plasma densities, lobe and  $B_z$  magnetic fields. We discuss the differences (and similarities) in electron anisotropization for small and large  $B_z$  and  $B_y$ , and then suggest some possible mechanisms of anisotropy formation and its evolution along the tail. We discuss plasma pressure gradients and cross-tail current profiles during thinning. We show that the most thinning ends (onsets) can be associated with tailward plasma flows and compare these endings near and far from the Earth.

The investigation is supported by RFBR grant № 16-32-00011.

### **Роль кинетики ионов при изменении масштабов тонкого токового слоя**

И.И. Алексеев<sup>1</sup>, Ю.Л. Сасунов<sup>2</sup>, М.Л. Ходаченко<sup>1,2</sup>, Е.С. Беленькая<sup>1</sup>, О.В. Мингалев<sup>3</sup>, М.Н. Мельник<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*НИИЯФ МГУ, Москва, Ленинские горы, НИИЯФ МГУ, Россия*

<sup>2</sup>*ИКИ Австрийской Академии Наук, Грац, Австрия*

<sup>3</sup>*ПГИ РАН, Анапты, Россия*

Тонкие токовые слои интенсивно изучаются в последнее время как в связи с динамикой пересоединения магнитных полей, так и в связи со структурой плазменного слоя хвоста магнитосферы во время мощных возмущений, когда наблюдаются тонкие токовые слои с масштабами соизмеримыми с ларморовским радиусом частиц. Нами будут рассмотрены кинетические эффекты, которые связаны с бунчировкой ионов по фазе ларморовского вращения для ионов в окрестности токового слоя. Частицы при этом движутся по так называемым меандровым траекториям и их фазы ларморовского вращения изменяются в ограниченном угловом диапазоне. Используя анализ траекторий в заданном магнитном поле, будут продемонстрированы полученные в последних работах авторов результаты по зависимости самосогласованного решения для одномерного плоского слоя с нормальной компонентой магнитного поля от пич-углового распределения формирующих слой пучков ионов, идущих к слою из долей хвоста из обоих полушарий. Учтена тепловая дисперсия потоков ионов и зависимость полуширины слоя от отношения направленной и тепловой скорости. Проведено сравнение с наблюдаемыми пересечениями токового слоя хвоста спутниками *Cluster*. Решающую

роль в определении динамики ионов и расчете профилей тока в слое играет сохранение магнитного потока через квазипериодический элемент траектории – постоянство магнитного потока через повторяющиеся элементы траектории. В однородном поле это приводит к связи питч-угла с величиной поля, а окрестности бесконечно тонкого слоя это дает связь между питч-углом и фазой пересечения центральной плоскости. При определении параметров плазмы – моментов функции распределения - используется не только теорема Лиувилля, но и учитываются фазовые ограничения полученные из траекторного анализа. Для иллюстрации полученных результатов для бифурцированных токовых слоев приведены профили и плотности тока, и плотности плазмы, полученные в численных расчетах в гибридной модели с кинетикой для ионов и безмассовой электронной жидкостью.

1. Sasunov Yu L., Khodachenko M.L., Alexeev I.I., Belenkaya E.S., Mingalev O.V. The influence of kinetic effect on the MHD scalings of a thin current sheet, *Journal of Geophysical Research*, 121, № 12 (18 December), 2016, DOI:10.1002/2016JA023162
2. Sasunov Yu L., Khodachenko M.L., Alexeev I.I., Belenkaya E.S., Semenov V.S., Kubyshkin I.V., Mingalev O.V. Investigation of scaling properties of a thin current sheet by means of particle trajectories study, *Journal of Geophysical Research*, 120, № 3 (March), 1633-1645, 2015, DOI:10.1002/2014JA020486
3. Sasunov Yu L., Khodachenko M.L., Alexeev I.I., Belenkaya E.S., Gordeev I.V., Kubyshkin E.I., The energy-based scaling of a thin current sheet: case study, *Geophysical Research Letters*, American Geophysical Union (United States), 42, № 19, Nov, 9609-9616, 2015, DOI:10.1002/2015GL066189

### **Структуры «косых» альвеновских волн в неоднородной холодной магнитосферно-ионосферной плазме**

М.А. Волков

*Мурманский государственный технический университет, г. Мурманск, Россия, e-mail: volkovma@mstu.edu.ru*

Изучены особенности распространения «косых» или дисперсионных альвеновских волн в неоднородной холодной плазме. Рассматривается плазма неоднородная поперек магнитных силовых линий в направлении север-юг и однородная в долготном направлении. Неоднородность вдоль магнитных силовых линий не учитывается, поэтому волны распространяются между сопряженными ионосферами, которые считаются тонкими слоями. Исследованы области прозрачности для этих волн в различных частотных диапазонах. Найдены условия, при которых частотный и пространственный спектр (в направлении север-юг) становится дискретным. Оценены масштабы поперечных структур «косых» альвеновских волн на уровне ионосферы. Обсуждается связь этих структур с авроральными явлениям.

### **Система уравнений для глобальной численной кинетической модели магнитосферы**

О.В. Мингалев<sup>1</sup>, И.В. Мингалев<sup>1</sup>, Х.В. Малова<sup>2,3</sup>, М.Н. Мельник<sup>1</sup>, Л.М. Зеленый<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Полярный геофизический институт РАН, Анатиты, e-mail: mingalev\_o@pgia.ru*

<sup>2</sup>*Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скобельцына МГУ, Москва*

<sup>3</sup>*Институт космических исследований РАН, Москва*

Глобальные численные модели обтекания магнитосферы солнечным ветром можно разделить на 3 типа относительно используемых систем уравнений. К первому типу относятся глобальные магнитогидродинамические модели, в которых используются система уравнений одножидкостной магнитной гидродинамики либо в идеальном приближении, либо с модельной конечной проводимостью. Эти модели не воспроизводят основные особенности магнитосферы. Ко второму типу относятся так называемые глобальные гибридные модели, в которых «кинетические» ионы, попавшие в магнитосферу из солнечного ветра, моделируются методом частиц в рамках уравнения Власова, а электроны рассматриваются как безмассовая жидкость с изотропным давлением и постоянной температурой, что нельзя признать физически правильным. К третьему типу относится единственная кинетическая модель, основанная на методе частиц, в которой рассматривается система уравнений Власова-Максвелла с «модельными» тяжелыми электронами (с массой в 16 раз меньшей массы протона) и с модельной скоростью света, которая в 200-300 раз меньше реальной. Из-за очень грубого пространственного разрешения и большого числа модельных упрощений эта модель не может претендовать на детальное описание процессов в магнитосфере.

### *Fields, currents, particles in the magnetosphere*

В работе рассматривается два варианта системы уравнений для глобальной численной кинетической модели обтекания магнитосферы солнечным ветром, которая предназначена для описания крупномасштабных медленных процессов с шагом пространственной сетки около 100 км и шагом по времени порядка 0.01 секунды. Рассматриваются реальные значения скорости света и отношения заряда к массе для электрона. Первая система уравнений получается в результате осреднения системы Власова-Максвелла по плазменным колебаниям электронов. Она состоит из уравнений Власова для каждой компоненты плазмы и осредненных уравнений для полей, в которых магнитное поле определяется из уравнения Ампера, соленоидальная часть электрического поля определяется из уравнения Фарадея, а потенциальная часть электрического поля определяется из уравнения гидростатики электронов вдоль силовых линий магнитного поля. Вторая система получается в результате дополнительного осреднения первой системы по гировращениям электронов с учетом их замагниченности. В ней для описания динамики электронов используется уравнение Власова в дрейфовом приближении.

Также рассматривается неявная итерационная схема численного решения этих уравнений. Предложенная модель по сравнению с существующими гибридными моделями должна лучше описывать динамику как ионов, так и замагниченных электронов, а также в разы лучшее пространственное и временное разрешение. При этом основной объем вычислений в новой модели будет выполняться на графических процессорах (GPU), в то время как существующие модели используют для вычислений процессоры кластерных суперкомпьютеров. В результате новая модель должна дать выигрыш в быстродействии на несколько порядков. Это позволит более детально исследовать с ее помощью детальную структуру зоны перехода от солнечного ветра к магнитосфере, а именно головную ударную волну, переходный слой, магнитопаузу, низкоширотный пограничный слой и мантию, а также исследовать общую структуру, форму магнитосферы и энерго-массообмен между магнитосферой и солнечным ветром.







## **Simultaneous observations of drift compressional waves in the magnetosphere using an Ekaterinburg coherent decameter radar and spacecraft measurements**

M.A. Chelpanov, O.V. Mager, P.N. Mager, D.Yu. Klimushkin, and O.I. Berngardt

*Institute of Solar-Terrestrial Physics*

Radar observations combined with spacecraft in-situ measurements appear to be an excellent tool for studying ULF magnetospheric pulsations. We used an Ekaterinburg midlatitude coherent decameter radar data for an analysis of a set of Pc5-range pulsations registered in the flow velocity variations of the nightside ionosphere. The time series were studied using cross wavelet analysis which revealed a dependence of the frequency on azimuthal wave number. Additional information inferred from spacecraft data allows us to confirm that the oscillations should be attributed to the drift-compressional mode.

A broader number of pulsation observation events were analyzed with an aim to determine which part of them could be attributed to the Alfvén mode. Distinguishable oscillations in spacecraft data did not always accompany radar wave observations, but an appropriate values of Alfvén frequency could be deduced from in-situ measurements on number density and magnetic field strength for every event individually. Compared to the radar data from proper L shells, longitudes and time ranges, they mostly appeared to be significantly higher than frequencies of the waves observed in the ionosphere flow velocities. Besides, the frequencies of the waves registered with the radar do not show dependence on Alfvén frequencies of appropriate field lines. As it is shown in a case study, a probable candidate for the origin of these nightside pulsations featuring sub-Alfvénic frequencies could be the drift-compressional mode.

## **Three-scale structure of diffusion region of magnetic reconnection in the presence of cold ion component**

A. Divin, V. Semenov, I. Zaytsev (*Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia*)

Recent observations of magnetotail and magnetopause reconnection reported events with plasma containing hot and cold ion components of comparable densities [1]. It was suggested that such ion distribution alters properties of the magnetic reconnection regions at the magnetopause [2]. Motivated by these recent findings, we performed two-dimensional kinetic Particle-in-Cell (PIC) numerical simulations of magnetic reconnection in plasma containing a mixture of ion populations having different temperatures. The study was primarily focused on inspecting various kinetic effects and peculiarities of particle acceleration in symmetric 2D reconnection in such conditions. Diffusion region displays three-scale structure, with the cold Ion Diffusion Region (cIDR) scale appearing in-between the EDR and IDR scales. The structure and the strength of the Hall magnetic field depends weakly on cold ion temperature or density, and is rather controlled by the conditions ( $B$ ,  $n$ ) upstream the reconnection region. The cold ions are accelerated predominantly transverse to the magnetic field by the Hall electric fields inside the IDR, leading to a large ion pressure anisotropy, which is unstable to ion Weibel-type or mirror-type mode. Extended Electron Diffusion Region (EEDR) is substantially shorter in cold ion mediated run, which we attribute to gyrotropization of electrons in the EDR due to cold ion instability. Despite comparable reconnection rates produced, we find that the overall evolution of reconnection in the presence of cold ion population is more dynamic compared to the case with a single hot ion component.

1. André, M., & Cully, C. M. (2012). Low-energy ions: A previously hidden solar system particle population. *Geophysical Research Letters*, 39(3).
2. Toledo-Redondo, S., André, M., Vaivads, A., Khotyaintsev, Y.V., Lavraud, B., Graham, D.B., Divin, A. and Aunai, N., (2016). Cold ion heating at the dayside magnetopause during magnetic reconnection. *Geophysical Research Letters*, 43(1), pp.58-66.



## **Backward wave oscillator regime in magnetospheric cyclotron maser for oblique waves**

V.S. Grach<sup>1</sup> and A.G. Demekhov<sup>2,1</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Applied Physics, Nizhny Novgorod, Russia*

<sup>2</sup>*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*

We study the backward wave oscillator (BWO) regime in a magnetized plasma with a step-like deformation of the electron velocity distribution function for arbitrary plasma mode and oblique wave propagation. Equations describing the regime are obtained. We show that their form is similar to the case of parallel wave propagation but the coefficients are now dependent on the wave vector direction.

We analyze these equations in the linear approximation with both the fundamental cyclotron and Landau resonance taken into account, and obtain the dependence of instability threshold on the angle between the wave vector and external magnetic field for whistler-mode waves and slow extraordinary (Z-mode) waves.

## **Resonant interaction of energetic electrons and ions with electromagnetic ion-cyclotron waves**

V.S. Grach<sup>1</sup> and A.G. Demekhov<sup>2,1</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Applied Physics, Nizhny Novgorod, Russia*

<sup>2</sup>*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*

We study the resonant interaction of energetic ions and relativistic electrons in the Earth's magnetosphere with ion-cyclotron wave packets having a varying frequency. The equations, describing the interaction of test particles with a given wave packet, are solved numerically. We analyze the possibility of electron and ion trapping and study the acceleration and pitch-angle variation in the trapping regime.

## **The dayside Pc5 pulsations poleward the open-closed field line boundary**

O. Kozyreva<sup>1</sup>, V. Pilipenko<sup>1</sup>, D. Lorentzen<sup>2</sup>, L. Baddeley<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Physics of the Earth, Moscow, Russia*

<sup>2</sup>*Kjell Henriksen Observatory, Svalbard, Norway*

Long-period pulsations in the nominal Pc5-6 band (periods about 3-20 min) have been known to be a persistent feature in the ULF activity at dayside high latitudes. The mechanism and origin of these pulsations have not been firmly established yet. Magnetopause surface eigenmodes were suggested as a potential source of high-latitude Pc5-6 pulsations. A ground response to these modes is expected to be beneath the ionospheric projection of the open-closed field line boundary (OCB). To unambiguously resolve the uncertainties regarding the mechanism of the dayside high-latitude ULF activity, a multi instrument study using data from Svalbard has been undertaken. We examine the local latitudinal structure of high-latitude ULF pulsations recorded by magnetometers covering near-cusp latitudes. This structure has been compared with the instant location of the equatorward boundary of the cusp aurora, assumed to be a proxy of the OCB. OCB was identified by an automatic algorithm, using data from the meridian scanning photometers at Longyearbyen. The latitudinal maximum of the broadband Pc5-6 pulsations lies in a close vicinity of the OCB proxy, but equatorward from it. These pulsations hardly could be the ground image of the magnetopause surface modes, though essentially non-dipole geometry of field lines and high variability of this region may suppress the excitation efficiency. However, in some events, besides those features, additional peak of green 557.7 nm emission can be seen in latitudinal profile of auroral intensity, poleward from the OCB. This peak is accompanied by the occurrence of specific Pc5 pulsations with  $f \sim 5$  mHz. These "green emission associated" Pc5 pulsations are relatively weak, but discernible. A localized green emission poleward of OCB could be a result of electron precipitation. This localized green emission/precipitation is a signature of dynamic phenomena in the cusp/mantle.

This work was partially supported by the grant of Russian Foundation for Basic Research № 15-05-01814 and PolarProg research program under the Research Council of Norway (Project № 246725).

## **A change in the special features of QP emissions due to a poleward magnetic bay**

J. Manninen<sup>1</sup>, N.G. Kleimenova<sup>2</sup>, L.I. Gromova<sup>3</sup>, E.L. Macotela<sup>1</sup>, T. Turunen<sup>1</sup>, A.E. Kozlovsky<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Sodankylä Geophysical Observatory, Sodankylä, Finland*

<sup>2</sup>*Schmidt Institute of Physics of the Earth (IFZ RAN), Moscow, Russia*

<sup>3</sup>*Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere, and Radio wave Propagation, (IZMIRAN), Troitsk, Moscow, Russia*

Here we discuss a short-time change of the low-frequency ionospheric cut-off of quasi-periodic VLF emissions observed by ground-based receiver at Kannuslehto (KAN, northern Finland, about 50 km from Sodankylä Geophysical Observatory, at  $L = \sim 5.5$ ) in the local evening under quiet geomagnetic conditions ( $K_p \sim 0-1$ ). The discussed QP emissions represented the peculiar dynamic spectral structure of repeated long-lasting (up to two minutes) noise bursts with quickly rising frequency up to  $\sim 5.5$  kHz. The emissions showed a strong ionospheric frequency cut-off at  $\sim 1.7$  kHz. The relatively stable wave structure suddenly changed at the time, when the IMAGE magnetometers recorded a small isolated substorm at the polar geomagnetic latitudes higher  $70^\circ$ . The onset of this magnetic bay was accompanied by a burst of Pi3 geomagnetic pulsations. In this time the AMPERE data, based on simultaneous measurements by globally distributed 66 low-altitude commercial satellites, showed the development of magnetic bay-like disturbances and field aligned currents at polar latitudes from Svalbard to the East (up to Dixon station). There was no significant geomagnetic and ionospheric activity at Sodankylä (i.e. in the vicinity of VLF receiver). The low VLF ionospheric cut-off frequency suddenly dropped down to from 1.7 kHz to  $\sim 1$  kHz, demonstrating the strong change on the wave propagation conditions in the Earth-ionosphere waveguide. The wave arriving direction suddenly changed as well as the VLF dynamic structure. The KAN monitored amplitude of the navigation ( $f \sim 20-25$  kHz) transmitter signals which involved the polar-latitude propagation paths, showed some variations during this time. We conclude that ground-based VLF emission behaviour could be a very sensitive proxy of influence of even short small poleward geomagnetic disturbances to the VLF wave generation and wave propagation properties.

## **A collection of interesting ELF-VLF events observed since October 2016 at Kannuslehto, Finland**

J. Manninen and T. Turunen (*Sodankylä Geophysical Observatory, Sodankylä, Finland*)

Different kinds of ELF-VLF emissions and other events have been observed during the latest campaign at Kannuslehto. Campaign was started on 7 October 2016 and it is planned to be continued till mid-April 2017.

## **Suppression of VLF hiss induced by whistler echo trains observed at Kannuslehto, Finland**

J. Manninen and T. Turunen (*Sodankylä Geophysical Observatory, Sodankylä, Finland*)

Whistler induced suppression of VLF noise has reported more than 30 years ago. All observations were made in the Antarctica. Same phenomenon has been observed in several ELF-VLF campaigns at Kannuslehto in Northern Finland. We are going to show more detailed properties of this phenomenon.

## **Sudden enhancements of PLHRs**

J. Manninen and T. Turunen (*Sodankylä Geophysical Observatory, Sodankylä, Finland*)

During last 12 years a new type of power line harmonic radiation event has appeared. Sudden enhancement starts simultaneously from 50 Hz up to 5 kHz, but it decays usually exponentially with diminishing frequency. In the beginning all 50 Hz harmonics are enhanced contrary to constant PLHRs, which appear in certain pairs. For the first time such event was observed in September 2005. After that the number of events has been increased year by year. They seemed to occur in the morning and evening hours, not on daytime. They have not been observed during quiet nor storm time.

## **Effects of VLF wave propagation in the Earth's magnetosphere on their cyclotron amplification**

D.L. Pasmanik<sup>1</sup> and A.G. Demekhov<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Applied Physics of the Russian Academy of Sciences*

<sup>2</sup>*Polar Geophysical Institute, Apatity*

Features of the cyclotron amplification of VLF waves during propagate in the Earth's magnetosphere in the presence of large-scale plasma irregularities, such as the plasmopause or density ducts, are studied.

Wave propagation is considered in the frame of ray tracing approach. Variation of the wave amplitude due to the cyclotron interaction with the energetic electrons having an anisotropic distribution function is studied. Growth rate of cyclotron instability along the ray is calculated with taking into account the changing direction of the wave vector for an analytical model distribution of energetic electrons. Variation of wave amplitude due to refraction is also taken into account.

Propagation of waves from the source in the equatorial region is studied for the cold plasma density distribution profiles observed by *Van Allen Probes* satellites. It is shown that the existence of density gradients across the geomagnetic field as well as density ducts can provide wave propagation along the geomagnetic field and, thus, propagation of signals from such a source to the ground. Results of this study can be used for the interpretation of the experimental data for simultaneous observation of VLF signals by satellites and ground-based stations.

## **A possible mechanism suppressing the field line oscillations by a fluctuating background**

V. Pilipenko<sup>1</sup>, L. Baddeley<sup>2</sup>, and V. Belakhovsky<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Physics of the Earth, Moscow, Russia*

<sup>2</sup>*Kjell Henriksen Observatory, Svalbard, Norway*

<sup>3</sup>*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*

*e-mail: pilipenko\_va@mail.ru*

Long-period pulsations in the Pc5-6 band (periods about 3-20 min) have been known to be a persistent feature of the ULF activity at dayside high latitudes. Magnetopause surface eigenmodes were suggested as a potential source of high-latitude long-period pulsations. A ground response to these modes is expected to be beneath the ionospheric projection of the open-closed field line boundary (OCB). However, the comparison of the multi-instrument data from Svalbard with the latitudinal structure of ULF pulsations recorded by magnetometers covering near-cusp latitudes has shown that the latitudinal maximum of the broadband pulsations maximizes somewhat deeper in the magnetosphere than the OCB optical proxy. Therefore, these pulsations cannot be associated with the ground image of the magnetopause surface modes. Similarly, a localized peak in the latitudinal distribution of narrowband morning/dayside Pc5 power is located deeper in the magnetosphere,  $\sim 3\sigma$  southward of the OCB. Therefore, narrowband dayside Pc5 wave activity cannot be associated with oscillations of the last closed field lines. The obtained result imposes an important limitation on possible mechanisms of high-latitude ULF variations. It is likely that a high variability of the magnetopause region may suppress the excitation efficiency. We suggest that stochastic fluctuations of the magnetospheric plasma and background magnetic field can provide an additional mechanism of damping of Alfvén field line oscillations. To quantify this hypothesis, we consider a driven Alfvén field line resonator with stochastic fluctuations of the Alfvén eigenfrequency. This problem has been considered both analytically and numerically. The results indicate the deterioration of resonant properties of a MHD resonator owing to background fluctuations.

## **Comparison of EMIC wave observations in the near-equatorial region of the magnetosphere and precipitation of energetic protons at low altitudes**

T.A. Popova<sup>1</sup>, A.G. Yahnin<sup>1</sup>, A.G. Demekhov<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Polar Geophysical Institute, Apatity; e-mail: tarkada@yandex.ru*

<sup>2</sup>*Institute of Applied Physics RAS, Nizhny Novgorod*

We study conjugacy of the generation region of EMIC waves with energetic proton precipitation by using wave data from *THEMIS* spacecraft and energetic proton data from low-orbiting *NOAA POES* and *MetOp* satellites. For this study we developed a plugin for *SPEDAS* software ensuring proper comparison of the observations onboard magnetospheric and low-altitude spacecraft.

The plugin calculates the projections of spacecraft orbits on the ionospheric altitude (100 km) in the SM coordinate system (by using the IGRF model for low-altitude spacecraft and different versions of the Tsyganenko models for magnetospheric spacecraft). For close projections the latitudinal distributions of the compared parameters from different spacecraft are built.

In our case, these parameters are the precipitated energetic proton fluxes measured by the *NOAA POES* and *MetOp*, and EMIC wave intensity from *THEMIS*. The wave intensity is calculated separately for H<sup>+</sup> and He<sup>+</sup> bands. The frequencies corresponding to the maximum spectral amplitudes of the waves are determined in each band. The latitudinal distribution of the density of the cold plasma in the magnetosphere is built where possible.

The conjugacy of the regions of EMIC wave generation and energetic proton precipitation is most clearly seen for the events related to quasi-monochromatic Pc1 emissions whose source does not change its latitudinal position for sufficiently long time. We show that the proton precipitation accompanies the EMIC wave generation in both He<sup>+</sup> and H<sup>+</sup> bands. In this case, the EMIC waves below/above the He<sup>+</sup> gyrofrequency usually occurs in the plasmasphere/outside the plasmopause.

### **Theory of a receiving antenna applied to the spacecraft observations of quasi-electrostatic whistler mode waves**

E.A. Shirokov<sup>1</sup>, A.G. Demekhov<sup>1,2</sup>, Yu.V. Chugunov<sup>1,3,4</sup>, and A.V. Larchenko<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Applied Physics RAS, Nizhny Novgorod, Russia*

<sup>2</sup>*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*

<sup>3</sup>*Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russia*

<sup>4</sup>*Deceased 24 August 2016*

We propose a method of calculating the receiving antenna effective length for the case of spacecraft observations of quasi-electrostatic chorus emissions. This method is based on the theory of receiving antennas in plasmas, developed earlier, and an appropriate choice of the radiation source model. Such a choice is done on the basis of the measured emission parameters.

Using the obtained analytical expression, we calculate the receiver effective length for some measurements of chorus wave quasi-electrostatic fields onboard *THEMIS* spacecraft. These calculation results show that the effective length can be up to an order of magnitude greater than the geometric length of receiving antenna. Therefore, the actual electric field value can be less and even much less as compared to the one calculated using the geometric length which is a conventional technique in the satellite data analysis. Therefore, care should be taken when interpreting spacecraft data on quasi-electrostatic wave fields. In particular, this can be important for the estimates of electron energization by quasi-electrostatic chorus waves.

### **Energy transfer between various groups of electrons in the process of resonant wave-particle interaction**

D.R. Shklyar

*Space Research Institute of RAS, Moscow, Russia*

Search for effective mechanisms of electron energization remains the most discussed problem in the physics of Earth's radiation belts. Successful implementation of *RBSP* (now *Van Allen Probes*) mission, which includes wave and particle measurements in the radiation belts in wide ranges of frequencies and energies, has provided a unique basis for experimental and theoretical study of the problem stated above. Of various mechanisms for electron energization in the radiation belts those related to wave-particle interactions with quasi-monochromatic or wide-spectrum waves are discussed most often. While resonant interaction with quasi-monochromatic wave may lead to a significant particle acceleration during a fraction of its bounce period, the interaction with a wide spectrum of waves leads to particle diffusion in the phase space, and the characteristic heating time is usually much larger than the particle bounce period. One of the consequences of resonant wave-particle interactions consists in energy exchange between waves and

## ***Waves, wave-particle interaction***

resonant particles, and in particular, in the possibility of particle energization at the expense of wave energy. Such energization, however, has essential limitation connected with that the wave energy density is usually much smaller than the resonant particle energy density, as has been pointed out by *Olsen et al* (1987). Thus, a direct energy exchange between waves and resonant particles cannot lead to significant particle energization during the time comparable with the particle bounce period, but would rather result in fast wave damping. In this respect, energy exchange between two groups of particles mediated by the wave, which is the constituent part of resonant wave-particle interactions, seems more promising. Obviously, in order for this process to be of importance for particle energization, the energy should be transferred from lower energy particles to higher energy particles. The question arises whether such process is permitted by thermodynamics. The answer to this question is positive for the case of unstable plasma. Indeed, in this case, the free energy contained in an unstable particle distribution is transferred to waves that are excited due to plasma instability. On the contrary, in the case of stable plasma distribution, the waves are damped giving their energy to resonant particles, which therefore are heated. In the process of energy transfer between two groups of particles both processes operate simultaneously, and if the lower energy part of plasma distribution is unstable while the higher energy part is stable, then the wave-mediated energy transfer from lower energy particles to higher energy particles takes place. It is necessary to keep in mind that only a part of free energy of unstable distribution can go to higher energy particles, since a part of free energy is spent on wave excitation. In this report we discuss the process described above by the example of resonant wave-particle interactions between lightning-induced whistler-mode wave packets and energetic electrons in the magnetosphere.

Olsen, R. C., S. D. Shawhan, D. L. Gallagher, J. L. Green, C. R. Chappell, and R. A. Anderson (1987), Plasma observations at the Earth's magnetic equator, *J. Geophys. Res.*, 92(A3), 2385-2407.

## **Localization of the sources of narrowband VLF hiss in the frequency range of 4-10 kHz using ground-based and Van Allen Probes satellite observations**

E.E. Titova<sup>1</sup>, A.G. Demekhov<sup>1,2</sup>, J. Manninen<sup>3</sup>, D.L. Pasmanik<sup>2</sup>, D.R. Shklyar<sup>4</sup>, A.V. Larchenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*

<sup>2</sup>*Institute of Applied Physics, RAS, Nizhny Novgorod, Russia*

<sup>3</sup>*Sodankylä Geophysical Observatory, Sodankylä, Finland*

<sup>4</sup>*Space Research Institute, RAS, Moscow, Russia*

The maximum of sferics intensity is formed in the frequency range of 4-10 kHz during the propagation of the signals from lightning discharges in the Earth-ionosphere waveguide. Therefore it is rather difficult to observe natural VLF emissions in this frequency range on the ground. Apparently, for this reason the characteristics of such emissions and their generation is almost not discussed in the literature, except for a few examples in the classical book of *R.A. Helliwell* (1965) and in a recent article of *Manninen et al.* (*Environmental Research Letters*, 2016).

This report presents the results of simultaneous observations of VLF emissions in the frequency band 4 - 10 kHz at the ground-based station in northern Finland and by the *Van Allen Probes* satellites (VAP) in the equatorial region of the magnetosphere, where the projection of satellite trajectory was at a distance of no more than 2-3 thousand km from the ground-based station.

In the selected events, the VAP spacecraft detected relatively narrow band (with a bandwidth of about 20%) hiss-like VLF electromagnetic emissions by whose frequency varied in proportion to the equatorial electron gyrofrequency for the L-shell of the spacecraft. During certain time intervals, the spectral and temporal characteristics of the VLF emissions detected on the ground and onboard the spacecraft shows one-to-one correspondence with each other. In these cases, the VLF emissions at lower frequencies show good correlation during the spacecraft location at higher L shells. The results of multicomponent measurements on VAP satellite showed that the wave normal directions of VLF emissions which were correlated with ground-based data, were usually close (within 20°) to the magnetic field, and their Poynting vector was directed from the equator. The correlation between the ground-based and spacecraft data was often observed near the plasmopause and in the presence of large-scale irregularities of cold plasma density.

We performed the ray tracing of VLF waves from the equatorial sources for the plasma density profile obtained by the VAP spacecraft in a wide frequency range and for different wave normal angles. The ray tracing results confirm the possibility of exit of VLF emissions detected by *Van Allen Probes* to the ground.

## **Comparison of 1D Particle-in-cell and 2D double-adiabatic MHD approaches in modelling firehose instability development during magnetic reconnection**

I.V. Zaitsev, A.V. Divin, V.S. Semenov

*Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia*

In this study we present anisotropic plasma features in magnetic reconnection process. Since possible particle acceleration mechanism at exhaust boundaries exhibit a preference of energizing particles in parallel direction, such anisotropy is expected. 1D PIC simulations of Riemann problem about tangential discontinuity decay with addition of small normal magnetic field revealed firehose instability development when guide field is sufficiently small. MHD modelling in double-adiabatic approximation confirmed this result. Conditions for overcoming instability threshold is studied systematically.

## **Night-time geomagnetic noises in Pc3 frequency range at middle and low latitudes**

N.V. Yagova, E.N. Fedorov, A.Yu. Schekotov

*Schmidt Institute of Physics of the Earth of the Russian Academy of Sciences (IPE RAS)*

Spectral content and spatial distribution of background broad-band variations (geomagnetic noises) in Pc3 frequency range registered at night-time at middle and low latitudes on the ground and are studied. For that, controlling factors in the interplanetary space and in the magnetosphere are analyzed and compared with those for typical daytime and night Pc3 pulsations. Possible mechanisms for generation of these types of pulsations are discussed.

## **Relativistic electron precipitation and geomagnetic Pc1 pulsations**

A.G. Yahnin<sup>1</sup>, T.A. Yahnina<sup>1</sup>, T. Raita<sup>2</sup>, J. Manninen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*

<sup>2</sup>*Sodankyla Geophysical Observatory, Sodankyla, Finland (e-mail: ayahnin@gmail.com)*

The interaction with EMIC waves is often considered as one of the most important mechanisms for scattering radiation belt relativistic electrons into the loss cone. At the same time other mechanisms (e.g., interaction with hiss and UHR waves as well as scattering due to violation of adiabatic motion of particles in a weak magnetic field) can also be responsible for relativistic electron precipitation (REP). The relative role of different precipitation mechanisms is not clear. To investigate the role of EMIC waves, the database consisting of 1058 REP events (so called “precipitation bands”) observed by several *NOAA POES* spacecraft between 1 July and 31 December 2005 was used. From this amount, 114 events were observed in the  $\pm 1$  hour MLT range around the network of search coil magnetometers operated by Sodankyla Geophysical Observatory and by Polar Geophysical Institute. During the “conjugated” REP events the spectrograms revealed from the magnetometer data exhibit different kinds of pulsations (PiC, PiB, Pc1, IPDP). For 59 REP events the pulsations were PiC and PiB. In 19 events there were no pulsations. For 35 REP events (about a third of all events) the spectrograms showed the presence of geomagnetic pulsations in the Pc1 range (Pc1 or IPDP), which are well known signatures of EMIC waves. However, the Pc1 pulsations could propagate to the station from a remote source through ionospheric waveguide. As an indicator of the EMIC wave source we used the localized precipitation of energetic protons (LPEP) equatorward of the isotropy boundary. We found seven events, for which the Pc1 pulsations were observed, but LPEP were not co-located with REP, that is, the source of the EMIC waves was not associated with the REP source. As result, only 28 REP events with simultaneous Pc1 pulsations (about a quarter of all REP events) were collocated with LPEP. Thus, the majority of relativistic electron precipitation is produced by other mechanisms, not by interaction with EMIC waves.

In addition, observations of LPEP were used to select the “EMIC wave driven REP” events from the whole database. Only 162 of 1058 REP events (~15%) related to interaction with EMIC waves were found.

## **Анализ пространственно-временных особенностей геомагнитных пульсаций P<sub>13</sub> методами интегральных преобразований**

Н.Р. Зелинский, Н.Г. Клейменова

*ИФЗ РАН, г. Москва, Россия, e-mail: hello\_nikita@mail.ru*

Исследованы пространственно-временные характеристики околоравнинного всплеска интенсивных (до 150 нТл) геомагнитных пульсаций P<sub>13</sub> (2-7 мГц) на скандинавском профиле магнитометров IMAGE в начальную фазу магнитной бури 22 января 2012 г. Для анализа были модифицированы алгоритмы математических методов интегральных преобразований, обычно применяемых в изучении временных рядов. Использованы вычисления выпрямляющего функционала «Обобщенная дисперсия собственных значений матрицы ковариации», характеризующего приращение суммарной горизонтальной амплитуды колебаний относительно фоновых значений в выбранный интервал времени. Кроме того, для анализа отдельных компонент геомагнитных пульсаций, а также компонент ММП и плотности солнечного ветра был использован другой выпрямляющий потенциал - "Энергия фрагмента обзора". В результате анализа было обнаружено, что отфильтрованные в полосе 2-7 мГц геомагнитные пульсации P<sub>13</sub> на всех геомагнитных широтах (56-76°) были когерентными, однако их структура изменялась со временем. Амплитуда пульсаций в полярных широтах была в 3 раза выше, чем в области замкнутой магнитосферы. Выявлены особенности пространственно-временной структуры пульсаций в зависимости от знака V<sub>z</sub> ММП. Показано, что короткий (~10 мин) всплеск больших положительных (до ~ +20 нТл) значений V<sub>z</sub> ММП при большом (~20 нПа) динамическом давлении солнечного ветра (Pd) привел к очень интенсивному (~150 нТл) всплеску P<sub>13</sub> геомагнитных пульсаций в полярных широтах (Ф>72°). При этом в замкнутой магнитосфере основная энергия волн отмечалась в Y-компоненте поля, а их спектр не зависел от широты. Основным максимумом в спектре колебаний на всех широтах (около 2.8 мГц) был в общих чертах подобен спектральному максимуму флюктуаций в компонентах ММП и Pd. Можно предположить, что наблюдаемые наземные пульсации являются результатом или прямого проникновения волн из межпланетного пространства в магнитосферу через касповые воронки, или трансформации этих волн в турбулентные колебания в магнитослое и распространении к земле вдоль внутренней горловины каспа. Последующий, такой же короткий всплеск больших, но отрицательных (до ~ - 20 нТл) значений V<sub>z</sub> ММП привел к резкому прекращению полярных пульсаций и возбуждению нового всплеска колебаний в замкнутой магнитосфере, наиболее интенсивных в X-компоненте поля. Резонансная природа этих волн вполне вероятна. Таким образом, применение методов интегральных преобразований показало, что два последовательных всплеска геомагнитных пульсаций P<sub>13</sub>, несмотря на кажущуюся схожесть, могут иметь различную природу генерации.

## **Моделирование возбуждения ионосферного и атмосферного волноводов молниевыми разрядами с учетом наклона геомагнитного поля**

Н.Г. Мазур<sup>1</sup>, Е.Н. Федоров<sup>1</sup>, В.А. Пилипенко<sup>1,2</sup>, Н.В. Ягова<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*ИФЗ РАН, Москва*

<sup>2</sup>*ИКИ РАН, Москва*

Предложена численная модель возбуждения атмосферного и ионосферного волноводов, а также альвеновского ионосферного резонатора в диапазоне от долей герца до нескольких герц точечными источниками. Разработан эффективный метод расчета электрических и магнитных полей от молниевых разрядов в реалистичных моделях ионосферы с учетом наклона геомагнитного поля. Проведено сравнение с результатами упрощенных методов расчета э/м поля. Численное моделирование показывает, что пространственные и частотные распределения э/м полей, возбужденных разрядом молнии, определяется взаимодействием атмосферного волновода, ионосферного волновода и ИАР.

## **Особенности всплесков геомагнитных пульсаций, сопровождающих два SSC 22.06.2015**

В.А. Пархомов<sup>1</sup>, Н.Л. Бородкова<sup>2</sup>, А.Г. Яхнин<sup>3</sup>, Б. Цегмед<sup>4</sup>, В.Э. Чиликин<sup>1</sup>, С.Ю. Хомутов<sup>5</sup>, А.В. Пашинин<sup>6</sup>, Б.В. Довбня<sup>7</sup>

<sup>1</sup>*Байкальский государственный университет, г. Иркутск*

<sup>2</sup>*Институт космических исследований РАН, г. Москва*

<sup>3</sup>*Полярный геофизический институт, г. Апатиты*

<sup>4</sup>*Институт геофизики и астрономии АН Монголии, г. Улан-Батор*

<sup>5</sup>*Институт космофизики и распространения радиоволн, ДВНЦ РАН, п. Паратунка*

<sup>6</sup>*Институт Солнечно-земной Физики СО РАН, г. Иркутск*

<sup>7</sup>*Геофизическая обсерватория Борок, ИФЗ РАН, п. Борок*

По данным мировой сети индукционных магнитометров исследуются параметры, пространственные закономерности и связи с параметрами околоземной среды всплесков геомагнитных пульсаций, сопровождающих два внезапных начала 22.06.2015, которые зарегистрированы в 05.44 UT и 18.33 UT. Первое SSC было вызвано МУВ со скоростью 440 км/с и скачком концентрации протонов солнечного ветра на  $14 \text{ см}^{-3}$ . Второе SSC вызвано МУВ со скоростью 712 км/с и скачком концентрации протонов солнечного ветра на  $45 \text{ см}^{-3}$ . Вертикальная компонента ММП перед обеими МУВ в течение 2 часов была ориентирована преимущественно к северу. Первое внезапное начало сопровождалось всплеском геомагнитных пульсаций типа Psc 1-5, которые обычно сопровождают внезапные начала. Второе внезапное начало сопровождалось глобальным всплеском геомагнитных пульсаций в частотном диапазоне 0.2 – 7 Гц с резонансной структурой спектра.

Исследуются широтно-долготные закономерности спектров пульсаций, особенности их распространения и локализации, связь с параметрами плазмы в магнитосфере, солнечном ветре и переходной области.

Проверяются высказанные ранее авторами предположения о том, что механизмом генерации колебаний с резонансной структурой спектра может быть ионно-циклотронная неустойчивость протонов кольцевого тока, а резонансная структура спектра пульсаций может быть связана с ионосферным альфеновским резонатором.

## **Взаимодействие пучков гидромагнитных волн ULF-ELF диапазона с ионосферой**

Е.Н. Федоров<sup>1</sup>, В.А. Пилипенко<sup>1,2</sup>, Н.Г. Мазур<sup>1</sup>, Н.В. Ягова<sup>1</sup>

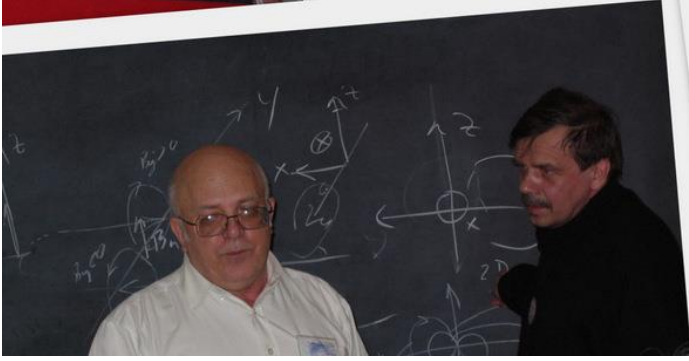
<sup>1</sup>*ИФЗ РАН, Москва*

<sup>2</sup>*ИКИ РАН, Москва*

На основе полных волновых уравнений развита численная модель взаимодействия с ионосферой и проникновения к земной поверхности пучков альфеновских волн в ULF, ELF диапазоне. Параметры ионосферы находятся из модели IRI. Геомагнитное поле не предполагается вертикальным. Эта модель используется для интерпретации прохождения волн диапазона Pc1 (в полосе 0.1-5 Гц) к Земле.









## **Elevation profiles of cosmic rays and gamma-radiation variations in the low atmosphere**

Yu.V. Balabin (*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*)

Variations of gamma-rays (20 keV – 2.5 MeV) coming from the atmosphere to the surface level are studied since 2009. There are two variation kinds: annual and sporadic. The annual variation is more than 30 % with "winter-spring" depression and summer flat top. The sporadic ones occur under precipitation and up to 60 % over a clear weather level. All kinds of variation are observed different stations: Barentsburg (Spitsbergen), Apatity, Rostov. Concerning to the second kind it is suggested to be caused by electric field in rain (nimbostratus) clouds. Light charged particles gain additional energy in electric field and dissipate it via Bremsstrahlung. Unfortunately there is now opportunity of electric field measure in the clouds during precipitation. However Cosmic Ray Laboratory with FIAN collaboration launches regularly (three times per week) balloons with charged particle detectors. Data of balloon experiment were used to look for correlation between cosmic ray flux in different altitudes and gamma-rays increasing. Hundred and half of launches were used and distinct correlation was not found. The same result is on ground charged particle detectors. The result does not rule out electric field hypothesis. More truly it means that the effect is weak because energy balance shows the energy addition is about hundreds keV against tens MeV of the proper particle energy.

## **Modern Dalton Minimum and its disaster risk on climate change**

Ahmed A. Hady

*Department of Astronomy & Space and Meteorology Faculty of Sciences Cairo University, Giza, Egypt  
e-mail: aahady@sci.cu.edu.eg*

The global warming caused by the green-house gases effect will be equal or less than the global cooling As a result of the current era of weak solar activity. In this respect, we refer to the Modern Dalton Minimum (MDM) which starting from year 2005 until year 2050; the earth's surface temperature will become cooler than nowadays. However the degree of cooling, previously mentioned in old Dalton Minimum (c. 210 y ago), will be minimized by building-up of green-house gases effect during MDM period. Regarding to the periodicities of solar activities, it is clear that now we have a new solar cycle of around 210 years.

The analysis solar-X activity data given by *COES* satellite to predict the incoming effects of the MDM on the climate change, global precipitation and the change of dryland areas all over the Earth surface.

## **Magnetic field configuration in corona and flare X-ray sources above the active region 10365**

A.I. Podgorny<sup>1</sup>, I.M. Podgorny<sup>2</sup>, N.S. Meshalkina<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Lebedev Physical Institute RAS, Moscow, Russia; e-mail: podgorny@lebedev.ru*

<sup>2</sup>*Institute of Astronomy RAS, Moscow, Russia, e-mail: podgorny@inasan.ru*

<sup>3</sup>*Institute for Solar-Terrestrial Physics SO RAS, Irkutsk, Russia, e-mail: nata@iszf.irk.ru*

The solar flare energy accumulation in the magnetic field of the current sheet is demonstrated in MHD numerical simulation. It explains the primordial release of the flare energy in the solar corona. The current sheet is created in the vicinity of a magnetic field X-type singular line due to action of magnetic forces caused by disturbances, which propagate from the photosphere. During quasi-stationary evolution the current sheet transforms into an unstable state, and explosive release of its magnetic energy takes place. The intensive magnetic field dissipation causes plasma heating, and therefore the appearance of the thermal X-ray emission. The magnetic field configuration in the corona cannot be obtained from the observations. So to understand the flare mechanism it is necessary to find the magnetic field configuration and plasma parameters in the corona above an active region by numerical solving of magnetohydrodynamical (MHD) equations using the observed magnetic field distribution on the photosphere for setting boundary conditions. The finite-difference scheme which is stable for large steps is developed to accelerate calculation. This scheme is upwind, absolutely implicit, and it is conservative relative to the magnetic flux. In spite of using of specially developed methods MHD simulation in the corona is performed so slow that calculation for the active region NOAA 10365 can be done on usual computer only in strongly reduced time scale. But unrealistically fast magnetic field changing on photospheric boundary causes instability near it. But in spite of that the methods which are used permit to stop of instability propagation inside the computational domain from the photospheric boundary.

## *The Sun, solar wind, cosmic rays*

The graphical methods for search flare position and study of magnetic field in the solar corona are developed. The method uses the property of the sheet, according to which the local maximum of the current density is located in the center of a current sheet. The position of current sheet coincides with the position of the thermal X-ray source for flare May 27, 2003 at 02:53. Three current sheets are located in the region of thermal X-ray emission for the flare May 29, 2003 at 00:51 that point to the possibility of appearance of this flare as a result of the release of the magnetic energy of the current sheet. To clarify the results it is necessary to perform calculations in the real time scale. The study of the magnetic field configuration near the current sheet in the corona above the active region 10365 for flares May 27, 2003 at 02:53 and May 29, 2003 at 00:51 shows that the physical meaning of the processes of accumulation and rapid release of flare energy is demonstrated not only by the magnetic field lines. More comfortable for flare investigation is analysis of lines that perpendicular to the force vectors. These lines are located in the current sheet configuration plane. They are tangent to the projection of the magnetic lines. The location of these lines, having opposite directions on either side of the current sheet, is determined by the existence of forces which create a current sheet. Then these forces can destroy this sheet, when the system is transformed into an unstable state. The real magnetic lines form a complex configuration near the current sheet. Using the developed graphical output system, it is possible to study in detail the location of the magnetic lines in such a complex configuration.

### **Mini neutron monitors at Dome C (Central Antarctica) and introduction of the class of sub-GLE events registered with them**

S.V. Poluianov<sup>1,2</sup>, I.G. Usoskin<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Sodankylä Geophysical Observatory, University of Oulu, Finland*

<sup>2</sup>*Space Climate Research Unit, University of Oulu, Finland*

Two mini neutron monitors have been installed at Concordia research station (Dome C, Central Antarctica, 75°06'S, 123°20'E) in the beginning of 2015. The instruments have slightly different design: one is standard and another one is so-called "bare" (lead-free) monitor. They have been named as DOMC and DOMB, respectively, and the data are publicly available at [cosmicrays.oulu.fi](http://cosmicrays.oulu.fi) and [nmdb.eu](http://nmdb.eu).

Concordia station is located quite close to a geomagnetic pole (rigidity cutoff <0.1 GV) at high elevation (3233 m a.s.l.). These factors make the instruments placed there very sensitive to the cosmic ray variability. Their asymptotic acceptance cones lie in the southern poleward direction at the latitude of about 70-80 degrees for the energy range of a few GV, which is the highest south latitude among all the existing neutron monitor stations. This is crucially important for studies of solar energetic particles (SEP) and cosmic ray anisotropy.

Because of very high sensitivity, the instruments are able to detect solar energetic particle events which are not sufficiently strong to cause a standard cosmic ray ground level enhancement (GLE) at the sea level. Joint use of the presented neutron monitor station with another high-elevation one - South Pole - make it possible to reliably expand the range of SEP events detectable at the ground level and introduce a new sub-class of GLEs preliminary named as sub-GLEs.

### **Fine structure of the interplanetary shocks observed by BMSW experiment onboard the SPEKTR-R in the solar wind**

O.V. Sapunova, N.L. Borodkova, G.N. Zastenker (*Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences*)

Interplanetary (IP) shocks are one of the main factors influencing on the space weather. The fine structure of the front of collisionless shock has been investigated for planetary shocks from magnetic field measurements whereas IP shocks are less often studied. BMSW plasma spectrometer onboard the *Spektr-R* satellite, launched in 2011, measures the ion moments with high-time resolution – 0.031 s and it allowed us to study ramp region of the IP shocks using ion moments, which were completed by magnetic field measurements from *ACE*, *WIND*, *THEMIS* and *CLUSTER* spacecraft.

All registered IP shocks were studied and their main characteristics were calculated:  $\beta$  (the ratio of the solar wind thermal to the magnetic pressure),  $\theta_{Bn}$  (the angle between the upstream magnetic field and shock normal direction),  $M_{ms}$  (Magnetosonic Mach number – the ratio of the IP velocity to the propagation speed of magnetosonic waves), IP shock velocity. The study shows that the ramp thickness defined from plasma measurements roughly corresponds to the ramp thickness derived from the magnetic field measurements and lies within interval from 40 to 600 km. In some

cases the precursor waves were observed in the front of subcritical shocks both in plasma and magnetic measurements. It was found that their wavelengths varied from 70 to 400 km.

### **Two fluid solar wind model: Application of kappa-Maxwellian distribution for electrons**

S. Taran and H. Safari (*Department of Physics, P.O. Box 45195-313, University of Zanjan, Zanjan, Iran*)

This study presents 1D two fluid solar wind model with kappa-Maxwellian function for electrons (as suprathermal particles) and bi-Maxwellian distribution function for protons, based on kinetic theory. A set of collisionless MHD equations derived applying zeroth to fourth order moments of Volaso equation and electromagnetic Maxwell equations for plasma. The resultant equations for electron temperatures (parallel and perpendicular relative to magnetic field line) and proton temperatures differ due to the different nature of distribution functions for electrons and protons. Also, we see that, the equations for electron heat flows and proton heat flows are different. According mentioned distribution functions, we calculate susceptibility tensor for a hot-plasma in a magnetic field and more we solve dispersion relation of this plasma and survey the behavior of Alfvén waves in it.

### **Semi-centennial north-south displacements of the HCS based on the reconstructed IMF sector structure**

M.V. Vokhmyanin, D.I. Ponyavin (*Saint Petersburg State University, St. Petersburg, Russia*)

We present the analysis of the interplanetary magnetic field (IMF) sector structure reconstructed from geomagnetic data in the 19th and 20th centuries. During most of the 20th century the IMF polarity is inferred due to the Svalgaard-Mansurov effect using high latitude geomagnetic variations. The IMF polarity in the 19th century was inferred using mid latitude observations. The latter is possible due to the ground magnetic effect of the field-aligned currents which are asymmetric during the IMF with non-zero BY component. The reconstructed IMF sector structure reveals semi-centennial north-south displacements of the heliospheric current sheet (HCS). According to our results the dance of the “ballerina” was not bashful during 15-19 solar cycles.

### **Условия существования быстрых магнитных облаков солнечного ветра сопровождаемых ударными волнами**

Н.А. Бархатов<sup>1</sup>, Е.А. Ревунова<sup>2</sup>, А.Б. Виноградов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина*

<sup>2</sup>*Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет*

Известно, что магнитные облака солнечного ветра часто сопровождаются ударными волнами и, следующими за ними, турбулентными оболочками. Такие структуры являются наиболее геоэффективными событиями и поэтому представляет интерес изучение условий существования таких магнитных облаков.

В настоящей работе для определения условий, при которых перед магнитными облаками возникают ударные волны, рассмотрено 75 магнитных облаков, зарегистрированных в околоземном космическом пространстве с 1973 по 2012 гг. (OMNI, [http://cdaweb.gsfc.nasa.gov/istp\\_public/](http://cdaweb.gsfc.nasa.gov/istp_public/)) [1, 2]. Статистический анализ динамики параметров солнечного ветра перед магнитными облаками показал, что из всех рассматриваемых событий 30 не имели ударных волн, а 45 ими сопровождались. Исследование выполнено путем сопоставления скоростей альвеновских и звуковых волн в солнечном ветре со скоростями магнитных облаков относительно ( $V_{otn}$ ) солнечного ветра. Относительная скорость магнитных облаков вычислялась как разница скоростей тела облака и среднего значения скорости солнечного ветра перед облаком (для облаков без ударных волн) или перед ударной волной (для облаков с ударными волнами). Из полученных соотношений следует, что для магнитных облаков без ударных волн  $V_{otn}$  ниже скоростей звуковых и альвеновских волн, в то время как для облаков с ударными волнами наблюдается превышение относительной скорости облаков над ними. При этом скорость облаков с ударными волнами относительно потока солнечного ветра, как правило, свыше 50 км/с.

Важным обстоятельством, влияющим на относительную скорость медленных облаков, в некоторых случаях, является высокое значение альвеновских скоростей в солнечном ветре, окружающем облака. Это может быть объяснено при рассмотрении причин расширения облака и вызванного им ускорения облаков. Расширение

## *The Sun, solar wind, cosmic rays*

плазменного образования не происходит при выполнении условия равенства на его границе суммарного газокINETического и магнитного давлений. Нарушение этого равенства ведет к смещению границ плазменного образования. Для рассмотрения причин расширения облака и его ускорения были изучены изменения суммарного газокINETического и магнитного давлений, а также изменения газокINETического и магнитного давления по отдельности на границе солнечный ветер – магнитное облако. Для магнитных облаков без ударных волн установлено равновесие суммарного газокINETического и магнитного давления на рассматриваемой границе, а для облаков с ударными волнами – значительное превышение суммарного давления в теле облака. Данное обстоятельство свидетельствует о том, что границы облаков с ударными волнами расширяются и его ведущая граница приобретает дополнительную скорость. Анализом соотношений газокINETического и магнитного давления в солнечном ветре и в теле облака показано, что основной вклад в ускорение ведущей части облака дает магнитное давление. ГазокINETическое давление в солнечном ветре и в теле облака оказывается на порядок ниже магнитного и не участвует в изменении скорости ведущей границы облака.

### **Связь динамики высокоширотной геомагнитной активности с изменениями параметров магнитных облаков**

Н.А. Бархатов, С.Е. Ревунов, А.Б. Виноградов, Ю.А. Главацкий

*Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина*

В предлагаемом исследовании делается попытка установления причинно-следственной связи динамики высокоширотной геомагнитной активности, описываемой индексом AL, с данными об изменениях параметров солнечных плазменных потоков, регистрируемых патрульными КА. В качестве исследуемых потоков выбраны магнитные облака солнечного ветра, поскольку эти плазменные образования наиболее геоэффективны. Последнее, однако, не означает, что они всегда вызывают глобальные магнитные бури. Структура быстрых магнитных облаков заметно усложняется возникновением ударной волны и турбулентной области за ней. В связи с этим представляет интерес участие элементов структуры магнитных облаков в процессе формирования высокоширотной геомагнитной активности. Несмотря на многообразие конфигураций магнитных облаков и способ воздействия на земную магнитосферу, зависящий от их прицельных параметров, обязательной особенностью является поворот вектора ММП внутри облака, что обеспечивает возникновение геоэффективной отрицательной  $V_z$ -компоненты.

Выполняемое в работе установление зависимости динамики полярной активности от изменений параметров магнитного облака, позволяет выяснить, какая конфигурация магнитного облака и какой конкретный элемент структуры магнитного облака ответственны за вид геомагнитного высокоширотного возмущения. Для этих целей применяется нейросетевой подход с использованием рекуррентной нейросети типа Элмана. С ее помощью по динамике параметров околоземного пространства восстанавливаются и прогнозируются геомагнитные возмущения, характеризующие полярную суббурю. Поскольку современные методы регистрации солнечных потоков позволяют проследить их эволюцию в солнечном ветре непосредственно от их солнечного источника, то разрабатываемый в настоящем исследовании метод в перспективе позволит выполнять поиск предвестников высокоширотных геомагнитных событий и этим создать алгоритм прогноза суббури за время, достигающее нескольких суток.

### **Исследование связи между вариациями гамма-излучения и электрическим полями в приземном слое атмосферы**

Ю.В. Балабин<sup>1</sup>, А.А. Торопов<sup>2</sup>, А.В. Германенко<sup>1</sup>, Б.Б. Гвоздевский<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Полярный геофизический институт, Апатиты, Россия*

<sup>2</sup>*Институт космофизических исследований и астрономии, Якутск, Россия*

В ходе проведения в 2016 г. совместных экспериментов на станциях космических лучей в Якутске и Тикси были установлены детекторы гамма-излучения, разработанные в ПГИ. Детекторы созданы на основе кристалла NaI(Tl), имеют эффективный диапазон 20-400 кэВ и поставлены в режим мониторинга фонового гамма-излучения, приходящего из атмосферы. На этих станциях также производится мониторинг напряженности электрического поля с помощью электростатических флюксометров Voltex EFM-100.



Наблюдаемые много лет возрастания гамма-фона при осадках могут быть связаны с электрическими полями, присутствующими в дождевых облаках. Наличие флюксометров в паре с детекторами гамма-излучения позволяет проверить эту гипотезу. Собранные данные и предварительный их анализ указывают на наличие такой связи, однако, напряженность электрического поля у земли (где проводятся измерения) и между облаками не всегда однозначно связаны.

### **Виртуальный нейтронный монитор для изучения множественностей**

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

Уникальная скоростная система регистрации, разработанная в ПГИ и установленная на ряде нейтронных мониторов (НМ), позволяет провести эксперименты по измерению размеров адронных ливней, приходящих на НМ. Скоростная система регистрации фиксирует время прихода каждого импульса от НМ с точностью до 1 мкс и номер трубки, в которой он возник. Наличие таких точных и подробных данных позволяет проводить эксперименты с записанными в файл данными НМ, нисколько не меняя реальную конструкцию. Стандартный 18-НМ-64 можно превратить в "виртуальный" прибор любой конфигурации. Для этого нужно лишь специальная программа, выделяющая из общего объема данных импульсы заданных каналов с их временами прихода. Например, сделать НМ состоящим из одной трубки номера  $K$ . Или из пары соседних трубок  $K$  и  $(K+1)$ . И в любой из заданных конфигураций можно выделять события множественности по заданному алгоритму. Исследование однотипных событий множественности на линейке виртуальных приборов, состоящих из трубки  $K$  и трубки  $(K+n)$ , где  $n$  меняется от эксперимента к эксперименту, показало, что существуют два типа событий множественности. Первый тип – это множественность, состоящая из импульсов, пришедших от двух соседних трубок. Второй тип – множественность, в которую вовлечены многие трубки, в том числе  $K$  и  $(K+n)$ . Множественность первого типа (не выходящая за соседнюю трубку) возникает от ядерного каскада в свинце, вызванного одиночной энергичной частицей. Множественности второго типа возникают, видимо, от адронных ливней в атмосфере над НМ, поскольку десятки импульсов (каждый импульс – это регистрация нейтрона) происходят в течение сотен мкс на трубках, расположенных далеко друг от друга. При том, что в среднем интервал между импульсами НМ составляет 10-20 мс. Были также выполнены эксперименты с более сложным расположением трубок, из которых была получена функция раздвижения. Совокупность экспериментов позволяет заключить, что только до номера множественности  $\sim 7$  события создаются одним лишь ядерным каскадом в свинце. Во множественностях с большим номером начинает проявляться эффект адронного ливня в атмосфере. По функции раздвижения определены размеры этих ливней.

### **Долгопериодные изменения жесткостей геомагнитного обрезания мировой сети нейтронных мониторов**

Б.Б. Гвоздевский, Л.И. Дорман, А.А. Абуниин, Р.Т. Гущина, А.В. Белов, Е.А. Ерошенко, В.Г. Янке

В предлагаемой работе с годовым разрешением для периода 1950-2020 года методом траекторных расчетов получены вертикальные жесткости геомагнитного обрезания для Мировой сети нейтронных мониторов. Жесткости геомагнитного обрезания получены по модели Definitive Geomagnetic Reference Field для 1950-2015 и International Geomagnetic Reference Field для 2020 года. Результаты расчетов свидетельствуют об общем понижении жесткостей геомагнитного обрезания практически во всех пунктах, которое связано с общим понижением геомагнитного поля за рассматриваемый период. Выполнен также прогноз планетарного распределения жесткостей геомагнитного обрезания до периода 2050 годов.



## **Расширение комплексной установки регистрации космических лучей на Шпицбергене**

А.В. Германенко, Ю.В. Балабин (*Полярный геофизический институт, Апатиты, Россия*)

На станции космических лучей в Апатитах создана комплексная система мониторинга радиационного фона в различных видах излучений: нейтронной компоненты, низкоэнергичной заряженной и низкоэнергичной электромагнитной компонент. На станции космических лучей в Баренцбурге, однако, до недавнего времени набор детекторов был ограничен. Были проведены работы по расширению установки в Баренцбурге, путём установки новых детекторов и расширения возможностей уже установленных. В частности были установлены детекторы низкоэнергичной нейтронной компоненты и детектор заряженной компоненты. С установкой этих детекторов можно сказать, что комплексные системы мониторинга всех основных компонентов космических лучей в Апатитах и Баренцбурге стали одинаковыми и обеспечивают регистрацию основных компонентов вторичных космических лучей. Одинаковость важна, поскольку обеспечиваются одинаковые измерения в двух разнесенных точках.

## **Глобальная модель ионизации атмосферы Земли протонами галактических космических лучей**

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

Одним из основных источников ионизации атмосферы Земли служат космические лучи, галактические (ГКЛ) и солнечные (СКЛ). Первичные космические лучи, состоящие в основном из протонов, ионизируют верхние слои атмосферы, а также взаимодействуют с ядрами окружающего вещества (в основном, это азот и кислород), рождая каскады вторичных космических лучей, которые, в свою очередь также участвуют в ионообразовании всей нижней атмосферы. В данной работе рассматривается использование программного комплекса RUSCOSMICS<sup>©</sup>, основанного на численном методе Монте-Карло, для задачи расчета скорости ионизации для различных значений географической широты и долготы. Приводятся профили ионизации в зависимости от высоты, даются их конкретные численные оценки и определяются эквивалентные дозы излучения.

## **Моделирование резонансного ускорения протонов в магнитном острове в складке гелиосферного токового слоя**

О.В. Мингалев<sup>1</sup>, О.В. Хабарова<sup>2,3</sup>, Х.В. Малова<sup>4,3</sup>, И.В. Мингалев<sup>1</sup>, Р.А. Кислов<sup>3</sup>, М.Н. Мельник<sup>1</sup>, П.В. Сецко<sup>1</sup>, Л.М. Зелёный<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Полярный геофизический институт РАН, Апатиты, e-mail: mingalev\_o@pgia.ru

<sup>2</sup>Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН, Московская обл., г. Троицк, Россия

<sup>3</sup>Институт космических исследований РАН, Москва

<sup>4</sup>Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д.В. Скобельцына МГУ, Москва

В работе предложена аналитическая модель электромагнитного поля в электронейтральном периодически колеблющемся магнитном острове. В модели электрическое поле является чисто индукционным и имеет существенную продольную компоненту почти во всем острове во время большей части его периода колебаний. С помощью этой модели был выбран ряд модельных параметров, которые согласуются с околоземными наблюдениями магнитных островов с размерами  $\sim 0.01$  а.е., распространяющихся вместе с солнечным ветром вдоль гелиосферного токового слоя (ГТС). Было выбрано широкое множество начальных точек внутри острова, и набор начальных моментов времени, которые соответствуют различным фазам колебаний острова. В качестве начальных скоростей использовалась подробная сетка в пространстве скоростей в сферической системе координат с начальными кинетическими энергиями в диапазоне от 10 эВ до 100 кэВ и шагом в 10 по углам направления скорости. Начальная энергия менялась с шагом 10 эВ в диапазоне от 10 эВ до 0.5 кэВ и с шагом 0.5 кэВ в диапазоне от 0.5 кэВ до 100 кэВ. Для каждого варианта поля модельного острова и для каждого начального условия (начальной точки, начального момента времени и начальной скорости) были проведены расчеты траекторий протонов вплоть до вылета из острова в системе отсчета, движущейся вместе с солнечным ветром. По результатам этих расчетов для каждой начальной точки,

начального момента времени и для каждого уровня начальной энергии были найдены средняя (по углам направления начальной скорости), максимальная и минимальная энергия вылетевших из острова протонов, а также среднее (по углам направления скорости), максимальное и минимальное время нахождения траектории в острове. Также для диагностики анизотропии скоростей вылета рассчитывалась функция распределения траекторий по углам направления скорости вылета. Показано, что для начальных энергий в диапазоне от 0.5 кэВ до 100 кэВ имеют место резонансные эффекты ускорения протонов продольным электрическим полем до средней энергии вылета в сотни кэВ и даже свыше 2 МэВ, причем направления скоростей ускоренных протонов имеют сильную анизотропию, а максимально достижимая энергия существенно зависит от начальных параметров. Таким образом, колеблющийся магнитный остров в солнечном ветре может являться эффективным ускорителем протонов. Проведенное моделирование позволяет объяснить часто наблюдаемые вблизи гелиосферного токового слоя анизотропные потоки частиц с энергиями от сотен кэВ до нескольких МэВ. Продольное индукционное электрическое поле в магнитном острове, расположенном внутри колеблющейся крупномасштабной складки ГТС, способно эффективно ускорять падающие на магнитный остров протоны, предускоренные до энергий порядка кэВ или десятков кэВ. Первичное ускорение может происходить в результате магнитного пересоединения, квазирегулярно протекающего по всей поверхности ГТС, или же в результате сжатия или слияния магнитных островов внутри складок ГТС. Примечательно, что средняя энергия вылета из системы очень слабо зависит от начальной энергии предускоренных протонов, то есть частицы с меньшими начальными энергиями испытывают большее относительное ускорение, чем частицы с изначально более высокими начальными энергиями.

### **Новый узконаправленный нейтронный спектрометр в комплексной системе мониторинга**

Е.А. Михалко, А.В. Германенко, Ю.В. Балабин, Е.А. Маурчев

*Полярный геофизический институт, Апатиты, Россия*

При взаимодействии космических лучей с атмосферой Земли образуются нейтроны в широком диапазоне энергий: от тепловых до 1 ГэВ и выше. Имеющаяся в Полярном Геофизическом институте (ПГИ) комплексная система мониторинга позволяет регистрировать нейтроны различных энергий. Стандартный нейтронный монитор 18-НМ-64 (НМ) чувствителен к нейтронам с энергиями >50 МэВ. Бессвинцовая секция нейтронного монитора (БСНМ) регистрирует нейтроны с энергиями от сотен кэВ до единиц МэВ. Дополнительно на станции нейтронного монитора г. Апатиты был разработан и установлен нейтронный спектрометр с тремя энергетическими каналами, диаграмма направленности которого составляет десятки градусов. Другими словами, с помощью этого детектора можно проводить измерения энергетического спектра нейтронов в разных направлениях. Эффективность регистрации и диаграмма направленности нового детектора были предварительно смоделированы при помощи пакета GEANT-4. Собранные в течении года данные обработаны, получены предварительные результаты.

### **О механизме ускорения частиц в космическом пространстве**

И.М. Подгорный<sup>1</sup>, А.И. Подгорный<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Институт астрономии РАН, г. Москва, e-mail: podgorny@inasan.ru*

<sup>2</sup>*Физический институт РАН им. П. Н. Лебедева, г. Москва, e-mail: podgorny@inasan.ru*

Открытие космических лучей явилось наиболее революционным событием современной физики. Впервые было показано существование разнообразных элементарных частиц, т.е. началось бурное развитие современной ядерной физики. Интерес к физике космических лучей явился стимулом для разработки первых специализированных космических аппаратов. В десятках книг рассматриваются возможности ускорения частиц в космосе. Все эти работы основаны на ничем не доказанных предположениях не могут быть подтверждены многолетними наблюдениями. Открытие солнечных космических лучей и информация, полученная из мировой сети нейтронных мониторов и измерений на космических аппаратах за пределами магнитного поля Земли, позволяет однозначно утверждать, что источником солнечных космических лучей являются солнечные вспышки. Наблюдаемые спектры протонов могут формироваться при распаде токового слоя. Эти явления хорошо описываются электродинамической моделью солнечной вспышки, построенной на основе данных наблюдений и численного магнитогидродинамического моделирования при использовании

### *The Sun, solar wind, cosmic rays*

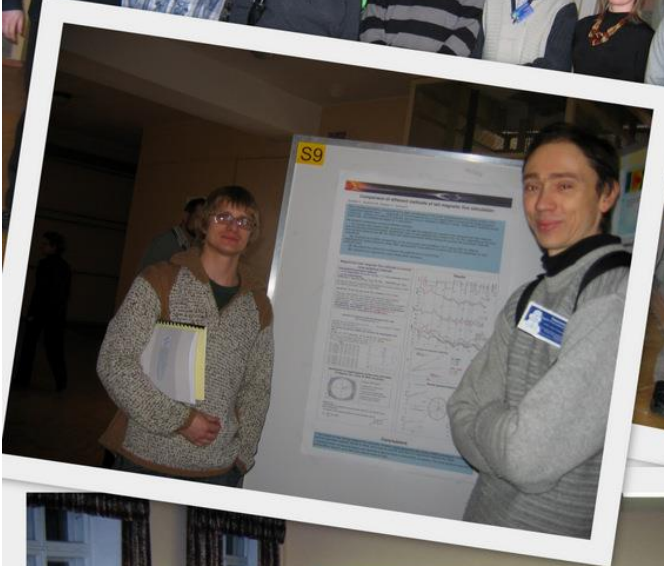
начальных и граничных условий моделирования, взятых из наблюдения активных областей перед вспышкой. Аналогичное явление ускорения протонов ранее наблюдалось в лабораторных исследованиях мощного импульсного газового разряда. К сожалению, новые наблюдательные данные по солнечным вспышкам сейчас отсутствуют из-за аномально низкой активности Солнца в текущем солнечном цикле. Прогноз солнечной активности остается не решенной проблемой. При современном представлении о космических лучах возникает принципиально важный вопрос: может ли механизм ускорения протонов солнечной вспышки объяснить ускорение частиц галактических космических лучей.

### **Характеристики турбулентности плазмы магнитослоя перед и за фронтом межпланетной ударной волны**

Л.С. Рахманова, М.О. Рязанцева, Н.Л. Бородкова, О.В. Сапунова, Г.Н. Застенкер

*Институт Космических Исследований РАН (ИКИ РАН), Москва, Россия*

Работа посвящена одному из наиболее геоэффективных явлений в околоземной пространстве - межпланетным ударным волнам (МУВ). Магнитослой, расположенный непосредственно перед магнитопаузой, служит связующим звеном между солнечным ветром и магнитосферой Земли. Любая МУВ, перед тем как воздействовать непосредственно на магнитосферу, сначала пересекает околоземную ударную волну и проходит через магнитослой, оказывая влияние на плазму этой переходной области. Как было показано ранее в литературе, магнитослой - турбулентная область, где параметры плазмы и магнитного поля флуктуируют в широком диапазоне частот. В данной работе на основе Фурье-анализа и анализа структурных функций высоких порядков проводится сравнение характеристик турбулентности плазмы перед и за фронтом МУВ, регистрируемой спутником Спектр-Р в магнитослое. Исследование основано на данных прибора БМСВ, измеряющего характеристики плазмы с временным разрешением 31 мс. Анализируются несколько случаев регистрации МУВ и рассматривается зависимость характеристик турбулентности плазмы магнитослоя за их фронтом от параметров МУВ - толщины фронта, скорости, наклона, угла между нормалью к фронту и межпланетным магнитным полем.







## **Evaluation of TEC adaptation technique of the IRI-Plas model**

S.J. Adebisi<sup>1</sup>, B.O. Adebisi<sup>1</sup>, S.O. Ikubanni<sup>1</sup>, B.W. Joshua<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Department of Physics, Landmark University, P.M.B. 1001, Omu-Aran, Kwara State, Nigeria*

<sup>2</sup>*Department of Physics, Kebbi State University of Science and Technology Aliero, Kebbi State, Nigeria*

Empirical models of the ionosphere such as the International Reference Ionosphere (IRI) model play a vital role in evaluating the environmental effect on the operation various space-based Global Navigation Satellite System (GNSS) related services. In the IRI extended to the Plasmasphere (IRI-Plas) model, the height limitation of the IRI model is overcome and also has the advantage of assimilating measured total electron content (TEC) data into it, thus capturing the dynamics of the ionosphere. This paper examines the performance of TEC adaptation technique of the IRI-Plas model at two equatorial stations during quiet and disturbed conditions. The values of TEC, F2-layer critical frequency ( $f_oF2$ ) and peak height ( $hmF2$ ) predicted by the ‘no extra input’ option of the model were used as a baseline in our evaluation. Result shows that TEC predicted by the adaptation technique generally produces smaller estimation error compared to ‘no extra input’ option for both quiet and disturbed conditions. The error is generally smaller at the equatorial trough than station near the crest for both quiet and disturbed days. With the adaptation technique, there is substantial improvement for storm-time estimation when compared with quiet-time. The improvement is however independent on storm’s intensity. Further, with TEC assimilation, the  $f_oF2$  estimation error is generally higher/smaller at the trough/crest for both quiet and disturbed conditions. The  $hmF2$  prediction is generally poor with TEC adaptation at both locations and for both conditions. Consequently, ionospheric models adapted to experimental value of TEC alone may not be sufficient for quality ionospheric tomographic imaging.

## **The large-scale ionospheric features detected by radio tomography during geomagnetic disturbances**

E.S. Andreeva<sup>1</sup>, E.D. Tereshchenko<sup>2</sup>, M.O. Nazarenko<sup>1</sup>, I.A. Nesterov<sup>1</sup>, N.Yu. Romanova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*M.V. Lomonosov Moscow State University, Faculty of Physics, Moscow, Russia*

<sup>2</sup>*Polar Geophysical Institute RAS, Murmansk, Russia*

The examples are presented and results discussed of studying the structure of the ionosphere by the methods of satellite radio tomography (RT) under the different geomagnetic perturbations during the 23rd and 24th solar cycles. The focus is placed on the RT results that were obtained in different years based on the measurements at the Russian RT chain. During separate periods of its life, this chain stretched from Svalbard to Sochi through Kola Peninsula, Karelia, and several midlatitude stations including Moscow. The RT images demonstrate a broad range of the ionospheric features, among which are the ionization troughs (the main and high-latitude ones), the spots of locally enhanced ionization within the trough, various wavelike structures, travelling ionospheric disturbances, equatorial anomaly, high gradients and unexpectedly high values of electron density, etc. The ionospheric manifestations associated with particle precipitation are analyzed. Case events and structural features identified by the RT methods in the disturbed ionosphere are discussed.

## **Siberian meteors: Ionospheric and geomagnetic effects in the lower ionosphere of high latitudes**

S.M. Chernyakov<sup>1</sup>, S.V. Nikolashkin<sup>2</sup>, V.A. Tereshchenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Polar Geophysical Institute, Murmansk, Russia*

<sup>2</sup>*Institute of Cosmophysical Researches and Aeronomy, Yakutsk, Russia*

Reaction of the high-latitude lower ionosphere according to the data of the medium wave facility of partial reflections located at the radio physical observatory “Tumanny” (69.0N, 35.7E) of the Polar Geophysical Institute and the geomagnetic field near the place of observation by data of the observatory Loparskaya (68.6N, 33.3E) to explosions of Siberian meteors are considered. The first meteor has blown up on 5 March 2014 at 7:29 the Yakut time (on 4 March 21:29 UT) in the sky over the Vilyuysk district of Yakutia (64.3N, 123.1E). Witnesses observed the flight of the meteor which has ended with a bright flash and a loud clap. The second considered meteor has blown up on 6 December 2016 at 18:37 the Krasnoyarsk time (11:37 UT) in the area located between settlements of Bogoslovka,

## ***Ionosphere and upper atmosphere***

Sizoi and Cheryomushki (52.9N, 91.4E). For the analysis amplitudes of ordinary and extraordinary waves and the electron concentration received by the data of the partial reflections radar and the geomagnetic field data of the observatory Loparskaya have been considered. It was shown that the explosions had caused in the ionosphere appearance of the waves of different types: acoustic-gravity waves, slow MGD-waves, and also change in the geomagnetic field.

## **Estimating equatorial day time vertical $E \times B$ drift velocities from magnetic field variation**

K.A. Diaby, O.K. Obrou

*Laboratoire de Physique de l'Atmosphère et Mécanique des Fluides, Université Felix Houphouët Boigny, 22 B.P. 582, Abidjan 22, Côte d'Ivoire.*

*e-mail: diabyaziz@yahoo.fr, olivier.obrou@fullbrightmail.org*

Accurate measurement and prediction of the vertical plasma drift is important for the study of many physical processes in the low-latitude ionosphere. Equatorial  $E \times B$  drift velocities are significant input parameters that go into many ionospheric models, because they help describe vertical plasma motions near the magnetic equator. A previous work done by *Anderson et al.* (2004) has demonstrated the ability to derive Peruvian longitude sector, daytime vertical  $E \times B$  drifts from ground-based magnetometer data and have derived the  $\Delta H$  versus  $E \times B$  relationships. The present research extends the same method to the West African longitude sector. We use magnetic field data of Conakry, Guinea ( $-0.46^\circ$ ,  $60.37^\circ$ ) and Abidjan, Côte d'Ivoire ( $-6^\circ$ ,  $65.82^\circ$ ) from the African Meridian B-field Education and Research (AMBER) network.

On the basis of data availability, 9 magnetically quiet days have been analyzed and showed that the Peruvian  $\Delta H$  versus  $E \times B$  relationships is applicable to the West African longitude sector.

## **The production of metastable molecular nitrogen in upper atmospheres of planets of Solar System**

A.S. Kirillov<sup>1</sup>, R. Werner<sup>2</sup>, V. Guineva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Polar Geophysical Institute of Russian Academy of Sciences, Apatity, Murmansk region, Russia*

<sup>2</sup>*Space Research and Technology Institute of Bulgarian Academy of Sciences, Stara Zagora Department, Stara Zagora, Bulgaria*

Molecular nitrogen is the main component of atmospheres of Earth, Titan, Triton. Removal coefficients for the processes of electronic quenching of  $N_2(A^3\Sigma_u^+, v)$  in collisions with  $N_2$ , CO,  $O_2$  molecules are calculated using quantum-chemical approximation. Principal role of intermolecular energy transfer processes in the collisions is shown. We apply the calculated coefficients for the simulation of vibrational population of metastable nitrogen in the atmosphere of Titan at the altitudes of 700-1200 km. Electron fluxes at the altitudes are taken according to *Campbell et al.* [2010, *J. Geophys. Res.*, v.115, A09320]. Also we simulate the electronic kinetics of metastable nitrogen in the mixture with CO molecules. The results of our study show very important role of electronically excited  $N_2$  in the excitation of the  $a^3\Pi$  state of carbon monoxide in the mixture.

## **Effects of geomagnetic storms in the high-latitude and sub-auroral ionosphere**

M.V. Klimenko<sup>1,2</sup>, V.V. Klimenko<sup>1</sup>, I.E. Zakharenkova<sup>1,3</sup>, K.G. Ratovsky<sup>4</sup>, R.Yu. Lukianova<sup>5,6</sup>, I.V. Despirak<sup>7</sup>, B.V. Kozelov<sup>7</sup>, S.M. Chernyakov<sup>7</sup>, A.V. Dmitriev<sup>8</sup>, E.S. Andreeva<sup>8</sup>, A.M. Padokhin<sup>8</sup>

<sup>1</sup>*Kaliningrad Branch of Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation (IZMIRAN) RAS, Kaliningrad, e-mail: maksim.klimenko@mail.ru*

<sup>2</sup>*I. Kant Baltic Federal University, Kaliningrad*

<sup>3</sup>*Institut de Physique du Globe de Paris, Paris, France*

<sup>4</sup>*Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk*

<sup>5</sup>*Geophysical Center RAS, Moscow*

<sup>6</sup>*Space Research Institute (IKI) RAS, Moscow*

<sup>7</sup>*Polar Geophysical Institute, Apatity*

<sup>8</sup>*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

The issues of morphology of high-latitude ionospheric disturbances and their formation mechanisms are the most important and complex when the upper atmosphere response on geomagnetic storms is investigated. In recent years to answer these questions, along with the experimental data and empirical models are increasingly attracted the theoretical models of the Earth's upper atmosphere. In this research, we present an overview of the ionospheric effects of geomagnetic storms on September 26-30, 2011, March 8-9, 2008, March 17-23, 2013 and 2015 at sub-auroral and high latitudes, obtained both from satellites and ground-based observations, and using Global Self-consistent Model of the Thermosphere, Ionosphere, and Protonosphere (GSM TIP). It is carried out: (1) a comparison of model results with observations of ionospheric parameters obtained using different radio physical methods; (2) a study of the formation mechanisms of temporal variations in ionospheric disturbances at different altitudinal, latitudinal, and longitudinal areas of the upper atmosphere; (3) a discussion of possible causes of mismatch in disturbances obtained in the model and according to the observational data. During the recovery storm phases the model results show an increase in the  $n(O)/n(N_2)$  ratio and a decrease in  $n(N_2)$  in the middle and subauroral latitudes, resulting in a daytime positive effects in the  $f_oF2$ . Also, it is carried out a comparison of storm effects in the ionosphere, at plasmaspheric heights and in total electron content and given the explanation of the obtained differences. This investigation was supported by RFBR Grant No. 15-35-20364.

### **Correction of the NeQuick model at high-latitude using TEC data for HF radio wave propagation problem**

D.S. Kotova<sup>1,2</sup>, M.V. Klimenko<sup>1,2</sup>, V.B. Ovodenko<sup>3</sup>, Yu.V. Yasyukevich<sup>4,5</sup>

<sup>1</sup>*West Department of Pushkov IZMIRAN, RAS, Kaliningrad, Russian Federation, e-mail: darshu@yandex.ru*

<sup>2</sup>*Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russian Federation, e-mail: maksim.klimenko@mail.ru*

<sup>3</sup>*Joint Stock Company Scientific research institute of long-distance radio communication, Moscow, Russian Federation, e-mail: ovodenko@gmail.com*

<sup>4</sup>*Institute of Solar-Terrestrial Physics of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russian Federation, e-mail: yasyukevich@iszf.irk.ru*

<sup>5</sup>*Irkutsk State University, Irkutsk, Russian Federation*

Extensive possibility for ionospheric monitoring provides by global navigation satellite systems (GNSS) such as GPS and GLONASS and a worldwide network of satellite signal receivers. In this study, we used GNSS data measurements of the total electron content (TEC). Using GNSS data can be obtained ionospheric parameters such as the absolute vertical TEC over the station, its spatial and temporal variations. In our investigation GNSS observations are used for adaptation the modeled electron density in a local region. In addition, we used the data of vertical sounding ionosondes in selected high-latitude regions. Thus, we adapted the new values of the electron density at NeQuick model. The thermospheric parameters required for the calculation of the complex refractive indices for the ordinary and extraordinary waves for anisotropic ionospheric plasma are taken from MSIS model. We applied this algorithm for different seasons and time epoch. We compared the modeled results with the observation data of critical, optimal and maximum usable frequencies for HF radio wave propagation.

The reported study was funded by RFBR according to the research project No. 16-35-00590 мол\_a.

### **Meteor radar observations in the auroral ionosphere**

A. Kozlovsky (*Sodankylä Geophysical Observatory, Finland*)

Progress of computers and radar technique in 2000s has given new breath to the meteor studies. Since that the new generation meteor radars (e.g., SKiYMET) were taken in use. These radars can deduce meteor fluxes, as well as winds and temperatures at altitudes of 80-100 km corresponding to the mesosphere – lower thermosphere region. In the Sodankylä Geophysical Observatory the SKiYMET radar is continuously operating since December 2008. We report on the recent investigation in the SGO, which has revealed a number of new features related to the mesospheric temperature estimate and composition of meteor streams, the perturbations caused by a rocket explosion in the ionosphere, and signatures of pulsating aurora in the meteor radar data.



## **The first results of low-frequency ground-based measurements in the October 2016 ionosphere heating experiment**

O.M. Lebed, Yu.V. Fedorenko, S.V. Pilgaev, A.V. Larchenko (*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*)

The experiments of high-latitude ionosphere heating by a powerful modulated radio signal allow to investigate the physical processes occurring in the ionospheric plasma and also the mechanisms of excitation of the low frequency waves in the Earth-ionosphere waveguide. The results can be used for communication purposes at low frequencies and to study the distribution of conductivity in the Earth's core to obtain information about geological structure.

In this work we present the results of ground-based measurements of low-frequency electromagnetic ELF/VLF fields at four high-latitude observatories. The ionosphere heating experiment was conducted by AARI at the "EISCAT/Heating" high power HF facility in October 2014 and 2016. We modeled the spatial distribution of the electromagnetic field components produced by the ionospheric ELF/VLF source using full-wave method and analyzed the results of modeling with measurements of amplitudes, phases, phase velocity and waveguide mode structure at the observational points. The results are presented and discussed.

## **Daytime sensitivity of the lower ionosphere to solar X-ray flares evaluated from VLF signal measurements**

Edith L. Macotela<sup>1</sup>, Jean-Pierre Raulin<sup>2</sup>, Jyrki Manninen<sup>1</sup>, Emilia Correia<sup>2,3</sup> and Tauno Turunen<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Sodankylä Geophysical Observatory, University of Oulu, Sodankylä, Finland*

<sup>2</sup>*Centro de Radio Astronomia e Astrofisica Mackenzie, Universidade Presbiteriana Mackenzie, Sao Paulo, Brazil*

<sup>3</sup>*National Institute for Space Research, Sao José dos Campos, Sao Paulo, Brazil*

Solar X-ray flares produce enhancement of ionization in the daytime lower ionosphere that modifies the propagation of Very Low Frequency (VLF) radio signals. Considering the lower ionosphere as a detector of solar X-ray photons, we investigate its sensitivity. This sensitivity is defined as the minimum X-ray fluence ( $F_{\min}$ ) necessary to produce a detectable disturbance of the quiescent ionospheric conductivity using the VLF technique. We define  $F_{\min}$  as the photon energy flux integrated over the time interval from the start of a solar X-ray flare up to the beginning of the ionospheric disturbance.  $F_{\min}$  is computed for ionospheric disturbances, which occurred between December and January since year 2007 till 2016. The computation made use of the X-ray flux in the energy band less than 2 Å and the amplitude of VLF signals emitted from USA (NAA), France (HWU) and Turkey (TBB). The signals were recorded in Brazil and Peru (NAA), and northern Finland (HWU and TBB). We found a solar cycle dependence of  $F_{\min}$ , as well as, a dependence on the solar illumination conditions. Our results suggest that the lower ionosphere is more sensitive to X-ray flares during the minimum epoch of solar cycle 24 and that the sensitivity decreases when the Sun is more active. Similarly, our results suggest that the ionospheric sensitivity improves when the solar zenith angle has lower values. Our findings also agree with previous results showing that the height of the lower boundary of the ionosphere varies during the solar activity cycle.

## **Comparison of the ionospheric effects of the space weather and seismogenic disturbances**

A.A. Namgaladze<sup>1</sup>, M.A. Knyazeva<sup>1</sup>, M.I. Karpov<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Murmansk Arctic State University, Murmansk, Russia*

<sup>2</sup>*Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia*

The state of the near-Earth environment is affected by the Sun, solar wind and galactic cosmic rays. These sources define the Space weather through the magnetosphere-ionosphere-thermosphere convection. During and shortly after the periods of enhanced solar and geomagnetic activities the upper atmosphere is disturbed mostly at high latitudes, but perturbations of charged and neutral components reach lower latitudes, thus having global coverage. Recent studies revealed local disturbances of the thermosphere and ionosphere on the eves of significant earthquakes, during volcano eruptions and intense meteorological processes. The key features of local (the so called mesoscale) ionosphere disturbances and theirs distinguishes from the global effects of the Space weather are discussed. The comparison conducted on the basis of satellite observations and numerical calculations using the Upper Atmosphere Model. The reported study was funded by RFBR according to the research project No. 16-35-00397.

## **About localization of ionospheric exit point of natural VLF emissions by groundbased observation**

A.S. Nikitenko, O.M. Lebed, S.V. Pilgaev, A.V. Larchenko, Yu.V. Fedorenko

*Polar geophysical institute, Apatity, Russia, e-mail: alex.nikitenko91@gmail.com*

Localization of ionospheric exit point of natural VLF emissions using ground-based measurements yields information necessary to investigate propagation mechanisms and generation processes of the emissions and evaluate a role of the emissions in magnetospheric and ionospheric dynamics. The electromagnetic field structure at observational sites is affected by many factors including reflection from lower ionosphere, spreading and mode coupling. The most significant factor is a reflection of VLF waves from the top boundary of the Earth-ionosphere waveguide. However, such reflection is disappeared in frequencies lower by the cutoff frequency of the Earth-ionosphere waveguide (about 1.8 kHz), because below the first transverse resonance frequency only TEM mode can propagate. On the higher frequencies waves can propagate on TE and TM modes. The polarization ellipse's and Poynting vector's orientations change due to interference of these waveguide modes.

We present a method for localizing ionospheric exit point of natural VLF emissions based on processing the groundbased three-component observations conducted in Polar Geophysical Institute jointly with full-wave modelling. The electromagnetic field at the top of lower ionosphere is considered as a sum of plane waves propagation from magnetosphere with random phases, amplitudes, and directions. The initial results are presented.

## **Modeling the system of the ionospheric currents and its impact to the Earth's magnetic field**

B.E. Prokhorov<sup>1</sup>, M. Förster<sup>1</sup>, V. Lesur<sup>2</sup>, A.A. Namgalagze<sup>3</sup>, M. Holschneider<sup>4</sup>, and C. Stolle<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>*Helmholtz Center Potsdam, GFZ German Research Center for Geosciences, Potsdam, Germany*

<sup>2</sup>*Institut de Physique du Globe de Paris, Paris, France*

<sup>3</sup>*Murmansk Arctic State University, Murmansk, Russia*

<sup>4</sup>*University of Potsdam, Potsdam, Germany*

*e-mails: BorisProkhorov@yandex.ru; boris@gfz-potsdam.de*

The system of the Earth's ionospheric currents is a part of the global magnetospheric electrical chain. In this electrical chain, the currents are generated by the solar wind and Interplanetary Magnetic Field (IMF) interaction with the Earth's magnetosphere. Those currents are transferred to the ionosphere of the Earth via the Field Aligned Currents (FACs) and define the electrodynamics of the coupled Magnetosphere – Ionosphere – Thermosphere (MIT) system. For this study, we model the dynamics of the ionospheric currents. For this purpose, we use the Potsdam version of the Upper Atmosphere Model (UAM-P). This model describes the thermosphere, ionosphere, plasmasphere and inner magnetosphere as well as the electrodynamics of the coupled MIT system for the altitudinal range from 80 (60) km up to the 15 Earth radii.

The obtained global 3D system of the ionospheric currents are used for the calculation of an additional portion to the main geomagnetic field. These calculations are performed using the Biot-Savart law. The results are compared with measurements of the Earth's magnetic field.

## **Ionospheric disturbances observed prior to strong seismic events: An attempt of “automated” computer analysis of TEC data**

Yu.V. Romanovskaya<sup>1</sup>, O.V. Zolotov<sup>2</sup>, E.V. Parkhimovich<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Murmansk State Technical University, Murmansk, Russia*

<sup>2</sup>*Murmansk Branch of St. Petersburg University of SFS of EMERCOM of Russia, Murmansk, Russia*

A number of papers considered ionosphere total electron content (TEC) disturbances observed during the periods of preparation of particular seismic events. Nowadays NASA service provides huge volumes of the TEC measurements. The analysis of such data can help to discover the TEC features which might be related to the so-called “ionospheric precursors of earthquakes”. In this paper we present preliminary results of our attempt to realize an “automated” computer analysis of the TEC data in order to detect features of ionospheric disturbances which can be related to strong seismic events.

## **Study of long-term variations of mid-latitude ionosphere for clarify their forecast**

D.B. Rozhdestvenskii<sup>1</sup>, V.A. Telegin<sup>2</sup>, V.I. Rozhdestvenskaya<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Trapeznikov Institute of Control Sciences, Moscow, Profsoyuznaya street ,65*

<sup>2</sup>*Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation RAS, Moscow, Troitsk, Kaluga highway, 4*

For successful prediction of  $foF2$  important issue is the choice of the sampling interval, i.e. how often, for what purposes and at what interval you need to measure. Methods of spectral analysis using the same methodology the extraction of individual components from the data of critical frequency  $foF2$  and daily, seasonal, annual, perennial. Based on 15-minute ( $\Delta\tau$ ) of data of the critical frequency for mid-latitude station Moscow considers methodical issues of the processing processes, based on the forecasting algorithms for functions with discontinuities and transformations discrete processes defined on a finite interval. Breaking the process into separate frequency domain allowed us to unify the technology of forecasting, increasing the prediction accuracy, because the extrapolation interval is proportional to the number of sampling intervals, to define the rules further digital processing with the help of numerical methods. So, for the ionospheric parameters measured with the highest possible frequency ranges of partitioning with a minimum sampling frequency: high frequency -1/3 hours daily -1/24 hour, seasonal -1/3 months. low frequency - 1/3 of the year and ELF-1/20 years. The maximum frequency is determined by the sampling interval in this range. Spectral analysis showed that the optimal operator of the primary processing of observational data is an idealized filter fixed continuous averaging (ISE), which combines a moving average filter and the ideal low-pass filter, the practical implementation of which is the same digital Chebyshev filters.

In the developed method of forecasting based on extrapolation of observational data, the representation of the observed process in a modulated function allowed to carry out the operation of forecasting, demodulation, greatly to suppress vibrations and Gibbs to show that the mechanism of transmission of information in the realm of the future implicit in these fluctuations.

The advantage of this method of extrapolation is the use of experimental data - does not require empirical models of the process under study. Further improvement of the forecast method, for example, radiates linked to the availability of operational data on the state of the ionosphere in a specific region of reflection of radio waves, which leads to the need of establishment of a network of ionospheric stations, especially in remote areas of the far North and on mobile platforms in the water and the air.

## **Effects in GPS-TEC during auroral disturbance in the auroral, subauroral and midlatitude ionosphere**

I.I. Shagimuratov<sup>1</sup>, S.A. Chernouss<sup>2</sup>, I.I. Efishov<sup>1</sup>, M.V. Filatov<sup>2</sup>, Iu.V. Cherniak<sup>1</sup>, G.A. Yakimova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*West Department of IZMIRAN, Kaliningrad, Russia*

<sup>2</sup>*Polar Geophysical Institute RAS, Murmansk, Russia*

We analyzed space weather conditions during 7 January 2015 storm. The analyze is concerned latitudinal occurrence of TEC fluctuations and dynamics of midlatitude trough during the geomagnetic storm in European sector. It is known that the most intensive TEC fluctuations ordinary observed in the auroral area near midnight and the main ionospheric trough. The fluctuation activity was evaluated by index ROT (Rate Of TEC). The rate of TEC fluctuations obtained from dual-frequency GPS measurements European network. We analyzed latitudinal occurrence of TEC fluctuations over Europe (near 20°N) from high to midlatitudes. The magnetograms of the IMAGE (International Monitor for Auroral Geomagnetic Effects) network were used as indicator of auroral activity. The feature of this storm was strong auroral activity occurred near noon. In this time strong TEC fluctuations were registred in auroral and subauroral zone. Mark fluctuations were observed in GPS date at Kaliningrad station on geographic latitude 57-58°N. It was found good similarities between temporary development of substorm activity and intensity of TEC fluctuations of GPS signals. So during the time the auroral oval displaced to equator and reached latitudes of 57-58°N.

We used the GPS measurements collected by 150-180 GPS stations to create TEC maps over Europe.

The dense European GPS network provides high spatial resolution of TEC maps ( $1^\circ \times 1^\circ$  on latitude and longitude). TEC maps could be produced with 5 min interval. On base maps we formed the latitudinal TEC profiles. TEC profiles demonstrated pronounced trough like structures during storm. Trough was recognized in day time during maximal auroral activity. Location trough was occurred about 55°N.

This investigation was supported by RFBR Grant No. 16-05-01077, partly Program №7 of the Presidium of RAS.

### **Physical mock-up of an electron spectrometer for studying fine aurora structure**

S.D. Shuvalov, O.L. Vaisberg, D.A. Moiseenko, M.I. Markichev, A.Yu. Shestakov, R.N. Zhuravlev, V.N. Ermakov

*Russian Space Research Institute, Moscow, Russia*

Problems related to small-scale aurora structures, despite the long period of their active learning, have not been solved to date due to the peculiarities of this phenomenon. Scale of these structures may be less than 1 km, so measurements with very high spatial and time resolution are required (with speed of satellite of 8 km/s measurements with frequency of more than 10 Hz are required).

So, creating an instrument that allows to measure energy spectra of electrons precipitating from magnetosphere to upper atmosphere with high temporal resolution is an actual task. This study is dedicated to the development and creation of the physical mock-up of such an instrument which provide simultaneous registration of electron spectra with range of 1-10 keV.

To this moment, an electro-optical scheme of the instrument and design documentation are developed. According to the model, instrument has  $5^\circ \times 5^\circ$  field of view, electron energy range is 1-10 KeV, sensitivity allows spectra registration with 10 Hz frequency with particles flux of no less than  $10^7 \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ .

The study is supported by RFBR Grant № 16-32-00746.

### **Vertical velocities of the ionospheric plasma drift in the Polarization Jet**

A.E. Stepanov<sup>1</sup>, V.L. Khalipov<sup>2</sup>, S.E. Kobayakova<sup>1</sup>, G.A. Kotova<sup>2</sup>, I.A. Golikov<sup>1,3</sup>, A.Yu. Gololobov<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Cosmophysical Research and Aeronomy SB RAS, Yakutsk, Russia*

<sup>2</sup>*Space Research Institute RAS, Moscow, Russia*

<sup>3</sup>*North-East Federal University, Yakutsk, Russia*

The experimental measurements of the ionospheric plasma drifts in 2006-2012 at the subauroral Yakutsk station are considered. It is shown that there are two peaks of the vertical drift velocity before and after the maximum of the horizontal velocity in the polarization jet. A comparison with the indices of geomagnetic disturbance, calculations on the high-latitude ionosphere model, and a possible explanation for this behavior of the vertical velocity in the band of the polarization jet are provided.

### **Observations of the stimulated electromagnetic emission at different orientations of the wave vector**

E.D. Tereshchenko<sup>1</sup>, R.Yu. Yurik<sup>1</sup>, V.L. Frolov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Polar geophysical institute, Murmansk, Russia*

<sup>2</sup>*Radiophysical Research Institute (NIRFI), Nizhny Novgorod, Russia*

The results of the stimulated electromagnetic emission (SEE) observation are presented. The experiments were carried out with at Sura heating facility in August 2005. The angular spectrum of thermal SEE components (DM and BC) have been measured at the three receiving points of radio tomography which were located in the meridional geomagnetic plane. The southern point was located at distance of 100 km but the northern point at distance of 140 km from the Sura heating facility. It was found that radiation from the disturbed region has wide pattern. The spectral forms of the DM and BC features strongly depend on the angle between the direction of output radiation and the geomagnetic field lines.

The work was supported by RFBR grants 15-05-02437-a and 16-05-01024-a (Yurik R. Yu.).

## **Multi-color photometry of twilight sky background using RGB all-sky cameras: Microphysical investigations of aerosol in middle and upper atmosphere**

O.S. Ugolnikov<sup>1</sup>, I.A. Maslov<sup>1</sup>, A.V. Roldugin<sup>2</sup>, S.V. Pilgaev<sup>2</sup>, A.A. Galkin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Space Research Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow*

<sup>2</sup>*Polar Geophysical Institute, Apatity*

Results of all-sky survey by color CCD-cameras can be used for retrieval of microphysical properties of aerosol at different altitudes in the Earth's atmosphere. A number of cameras is installed in high altitudes for regular aurora monitoring. Working on its purpose during the night, it can also be a tool for atmospheric research during the twilight. The basic advantage of color (RGB) cameras is the possibility to build the maps of sky intensity (and possibly polarization) in different spectral bands. This allows to detect the definite component of twilight sky background with special spectral dependency of contribution (stratospheric aerosol, for example) or self properties of scattering (polar mesospheric or noctilucent clouds).

Background stratospheric aerosol was investigated basing on polarization measurements of sky background near Moscow in March-July 2016. Effective radius of particles (180 nm) and aerosol scattering contribution in the total background (about 0.2 for wavelength 620 nm in dusk segment) were estimated. These characteristics are close to the ones obtained in space experiments like OSIRIS [1].

In August, 12, 2016, bright and expanded noctilucent clouds were observed in Lovozero station. RGB-photometry had shown the tiny color change (bluing) of clouds in dusk segment, which can be interpreted as the Mie theory effect allowing to find the effective particle radius - about 60 nm. It is in very good agreement with polarization data [2] and other methods of remote sensing of noctilucent clouds. Bright clouds were observed near Apatity in second decade of August second year at once, that can be related with Perseid meteor shower maximum and increase of meteor dust particles number in the mesosphere.

The work is supported by Russian Foundation for Basic Research, grant 16-05-00170-a.

1. Bourassa, A.E., Degenstein, D.A., Llewellyn, E.J., 2008. Retrieval of stratospheric aerosol size information from OSIRIS limb scattered sunlight spectra. *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 8, 4001–4016.

2. Ugolnikov O.S., Maslov I.A., Kozelov B.V., Dlugach J.M., 2016. Noctilucent cloud polarimetry: Twilight measurements in a wide range of scattering angles. *Plan. Space Sci.* 125, 105-113.

## **Riometer method of determining the geomagnetic cutoff rigidity using an empirical model of the PCA**

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

*Arctic and Antarctic Research Institute (AARI, St. Petersburg), e-mail: vauliev@yandex.ru*

The geomagnetic cutoff rigidity (GCR) of spectrum of solar proton fluxes (PF) is determined either experimentally, according to the registration of PF on satellites with a polar orbit, or theoretically based on calculations of trajectories of PP in models of the magnetosphere. Recently it was developed an experimentally-theoretical (riometer) method for the determination of GCR based on the comparison of the experimental absorption values of the PCA, measured at a station of the auroral zone, and the calculated absorption values obtained using the numerical (altitudinal) model of the PCA (NM).

In this paper, it is shown a version of the riometer method, which is used not for NM, and empirical (threshold) model of the PCA (EM). The algorithm for calculating absorption with EM is much simpler, than the algorithm of NM, and provides the prompt definition of GCR. Calculations show that the values of GCR obtained using EM, closely matched with the calculated absorption values obtained using NM.

## **F2 region response to geomagnetic disturbances across Indian latitudes: O(<sup>1</sup>S) dayglow as a proxy to thermospheric dynamics**

A.K. Upadhayaya, Sumedha Gupta

*Radio and Atmospheric Sciences Division, CSIR-National Physical Laboratory, New Delhi -110012, India*

The morphology of ionospheric storms has been investigated across equatorial and low latitudes of Indian region. The deviation in F2 region parameters at equatorial station Thiruvananthapuram (8.5° N, 76.8° E, 0.63S Geomagnetic latitude) and low latitude station Delhi (28.6° N, 77.2° E, 19.2 N Geomagnetic latitude) along with modeled greenline dayglow intensities at thermospheric peak height have been studied during five geomagnetic storm periods. Both positive and negative phases have been noticed during the study and it is observed that in spite of local time variation in *Dst*, the corresponding deviation in F layer parameter vary with the intensity of the storm as well as with latitude of the observing stations. The positive storm phase over equatorial station are found to be more frequent while the drop in ionization in most of the cases have been noticed at low latitude station of varying amplitude of deviations from the mean quiet day values. Due to disturbed electric field the simultaneous height rises have been noticed at these stations, with higher amplitude at Delhi in between 0000 to 0600 EMT. Positive deviation in *foF2* is also observed across low latitude station during the storm which is attributed to daytime eastward electric field penetrating promptly from high to low latitudes. It is concluded that the reaction as seen at different ionospheric stations may be quite different during the same storm depending on the station geographic and geomagnetic coordinates, beginning time of the magnetic disturbance. Variations in modeled greenline dayglow intensity at thermospheric peak height at equatorial and low latitude stations during these events showed a decrease coinciding with the onset of the storm. A simulative approach in Glow model developed by Solomon [Solomon, 1992] is further used to estimate the changes in the volume emission rate (VER) of green line dayglow emission under quiet and strong geomagnetic conditions. It is found that O(<sup>1</sup>S) dayglow emission can be taken as a proxy to thermospheric dynamics.

## **Can UHF radars detect E-layer auroral radar backscatter at over-the-horizon distances?**

M.V. Uspensky<sup>1</sup>, V.B. Ovodenko<sup>2</sup>, I.V. Tyutin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Finnish Meteorological Institute, Helsinki, e-mail: mikhail.uspensky@fmi.fi*

<sup>2</sup>*LDRSI, Moscow, e-mails: ovodenko@gmail.com, tyutin@physics.msu.ru*

The “reflection” of high frequency radio waves in the auroral ionosphere, so-called the auroral radar backscatter, has been known and studied now for nearly 80 years. This phenomenon is attributed to strong anisotropic radiowave scattering by magneto-oriented plasma density fluctuations generally known as ionospheric E-layer field-aligned irregularities (FAIs). The latter create strong and extensive clutter for VHF and UHF radars. Since this clutter is produced by the E-plasma density FAIs, it has been widely accepted that it could be seen only at ranges limited by the E-layer radio horizon of ~1200 km.

However, the UHF satellite data acquisition radars (SDAR) with sensitivity of  $\sim 10^{-17} \text{ m}^{-1}$  (reference distance of 1000 km) reveal a number of long distance echoes (LDE) with short-to-moderate lifetime at over-the-horizon (OTH) distances up to ~1700-1800 km (*e.g. Leadabrand et al., 1965*). Similar subauroral LDEs are often seen by the Russian UHF SDAR located in the Krasnoyarsk region. However, the rectilinear altitudes of such echoes lay in altitude band of 130-250 km, where the F- region FAIs (if they even exist) cannot be seen because of large aspect angles. Due to enhanced atmospheric drag feasible satellite echoes from above altitudes are rather scarce and rare.

Earlier studies (Uspensky *et al.*, 1993) and our recent modelling allow to suggest that the auroral (subauroral) LDEs are in fact the OTH echoes that can be produced by the E-layer orthogonal/near-orthogonal auroral backscatter (OAB). We further suggest that as a phenomenon, the OTH OAB under some circumstances could be physically caused by the radiowave forward scattering in the D-layer (bottom E-layer) and/or the radiowave under/over dense reflection by the meteor trail ionization.

## **Dynamics of the ionospheric irregularities during severe geomagnetic storms in 2015 by ground-based and space-borne GPS measurements**

I.E. Zakharenkova, Iu.V. Cherniak, I.I. Shagimuratov

*West Department of IZMIRAN, Kaliningrad, Russia*

The most intense ionospheric irregularities have been observed during ionospheric storms, resulting from significant increases in auroral particle precipitation and high-latitude ionospheric electric fields and currents lasting several hours or more during magnetospheric disturbances. Here we report the features of the intense ionospheric irregularities occurred during most severe storms in 2015. Occurrence of the intense high-latitude irregularities of ionospheric plasma lead to significant consequences on satellite operations, radio wave propagation, and performance degradation of services and applications related with the Global Navigation Satellite Systems (GNSS). Our investigation is based on the measurements from ~2700 ground-based GPS stations and GPS receivers onboard Low Earth Orbit (LEO) satellites – multi-satellite mission Swarm (A, B and C) which are placed on a polar orbit with the altitudes of ~450-500 km. An analysis of the Rate of TEC index (ROTI) derived from LEO GPS data allowed us to examine topside ionospheric irregularities and to compare them to the main ionospheric storm effects observed in ground-based GPS data. We demonstrated advantages of the combination of the ground-based GPS measurements with GPS measurements onboard the Swarm mission to monitor the occurrence of the high-latitude ionospheric irregularities over territory of Russia. Results of the joint analysis of the ground- and space-based GPS observations have revealed that during the main phase of geomagnetic storms in 2015, large-scale irregularities of the ionospheric plasma were observed over Russia within the latitude range of 50° -85°N. The most intense ionospheric irregularities were registered in the auroral zone and at the main ionospheric trough. It was found that all ground-based GPS stations located polarward from 55°N geomagnetic latitude, were affected by rapid changes in the carrier phase of the navigation signal at all visible GPS satellites.

This investigation was supported by RFBR Grant No. 16-05-01077.

## **Analysis of *Kuo et al* [2014] approach to model lithosphere-ionosphere coupling system**

O.V. Zolotov<sup>1</sup>, B.E. Prokhorov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Murmansk Branch of St. Petersburg University of SFS of EMERCOM of Russia, Murmansk, Russia*

<sup>2</sup>*Helmholtz Center Potsdam, GFZ German Research Center for Geosciences, Potsdam, Germany*

This paper presents the analysis of the *Kuo et al.* [2014] (*doi:10.1002/2013JA019392*) “An improved coupling model for the lithosphere-atmosphere-ionosphere system”. That model uses system of equations for the ground-to-ionosphere region that are the special case of the Ohm’s law (namely, considering the electric conductivity to be a constant scalar along the altitude co-ordinate). Therefore, *Kuo et al.* [2014] approach seem not to describe ground-to-ionosphere electric currents correctly.

## **Явление синхронизации ионосферных и геомагнитных УНЧ возмущений в районе станции Казань в геомагнитоспокойный период**

О.М. Бархатова<sup>1,2</sup>, Н.А. Бархатов<sup>2</sup>, Н.В. Косолапова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*ФГБОУ ВПО "Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет"*

<sup>2</sup>*ФГБОУ ВПО "Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина"*

Установление естественных и искусственных источников внутримангитосферных МГД волн - важная задача исследования ионосферной и геомагнитной возмущенности. Внемагнитосферным источником таких волн может являться быстрые магнитовуковые волны (БМЗ), проникающие в магнитосферу из солнечного ветра или генерируемые неустойчивостью Кельвина-Гельмгольца на магнитопаузе. Появление магнитозвуковых волн можно связать с внутримангитосферными процессами имеющими отражение в проводящих слоях ионосферы. Это может быть обусловлено развитием геомагнитной бури, нестабильностью восточного электроджета и землетрясениями большой магнитуды. Целью настоящего исследования является изучение причин синхронизации ионосферной и геомагнитной возмущенности на среднеширотной станции Казань в

ночные часы. При этом использовались магнитные и ионосферные минутные данные, а также данные параметров солнечного ветра и межпланетного магнитного поля (ММП).

По результатам выполненных исследований 3 сентября 2014 г. в геомагнитоспокойное время на интервале 04:00 – 06:00 местного времени обнаружена синхронизация спектральных особенностей динамических спектров критической частоты слоя F2 и H, E, Z компонент на станции Казань в ночное местное время. Она свидетельствует о возможности согласованной ионосферной и геомагнитной M3 возмущенности в области средних широт. Характерные периоды обнаруженных M3 возмущений были определены методом вейвлет-анализа. Их значения лежат в диапазоне УНЧ колебаний (35 - 50 минут). При этом совпадения спектральных особенностей отмечаются для  $foF2$  и H-компоненты или для  $foF2$  и E-компоненты геомагнитного поля, что возможно связано с происходящей сменой поляризации во время развития M3 процесса. Глобальность рассматриваемого явления была проверена при анализе в том же частотном диапазоне согласованности возмущений критической частоты на станции Казань и компонент геомагнитного поля на обсерватории Port Alfred (южное полушарие), расположенной на той же долготе. Было отмечено совпадение спектральных максимумов для  $foF2$  и E-компоненты (Port Alfred). Возмущения H-компоненты (Port Alfred) при этом происходят с заметным временным сдвигом (до 15 минут) относительно ионосферных возмущений. Важным является совпадение возмущений  $foF2$  и E-компоненты (Port Alfred) в те времена, когда с  $foF2$  совпадает H-компонента на станции Казань. Это свидетельствует о смене поляризации M3 колебаний при переходе из северного полушария в южное.

Поиск предполагаемого внемагнитосферного источника в условиях спокойной магнитосферы установил синхронизацию возмущений  $V_x$  и  $V_z$  компонент ММП с обнаруженной ранее возмущенностью на станции Казань в том же диапазоне периодов. Это позволяет предположить, что длиннопериодные возмущения УНЧ диапазона, отмечаемые в компонентах  $V_x$  и  $V_z$  магнитного поля солнечного ветра находят своё отражение в возмущениях среднеширотной ночной ионосферы и геомагнитного поля.

### **Поляризационные характеристики альвеновских резонансов. Ионосферная поляризационная функция**

Н.В. Иванов

*Полярный геофизический институт, г. Апатиты*

В спектре фонового низкочастотного шума диапазона от 0.1 до 20 Гц могут наблюдаться, резонансные структуры. Существование резонансных структур спектра связано с наличием двух существенных областей отражения, первой расположенной ниже максимума  $Fo2$  слоя, второй на высоте до нескольких тысяч км, интерференция волн от этих областей формирует резонансные структуры. В данной работе предлагается метод, основанный на анализе основных поляризационных характеристик спектра и, как будет показано далее, обладающий рядом преимуществ по сравнению с традиционным методом, основанным на анализе спектральных мощностей компонент магнитного шума.

### **Влияние электронных высыпаний на эффективный коэффициент рекомбинации**

В.Е. Иванов, Ж.В. Дашкевич

*Полярный геофизический институт, Апатиты, Россия*

В рамках численной модели исследованы особенности поведения эффективного коэффициента рекомбинации  $\alpha_{\text{эф}}$  в области полярных сияний в интервале высот 90–200 км. Показано, что в интервале высот 90-130 км эффективный коэффициент рекомбинации не зависит от параметров высыпающегося потока электронов и определяется в основном коэффициентами скоростей реакций, что соответствует ранее полученным и представленным в литературе результатам. Однако в интервале высот 130-200 км, эффективный коэффициент рекомбинации демонстрирует зависимость от выделившейся в атмосфере энергии, которая становится все более выраженной с увеличением высоты. Показано, что в интервале высот 130-200 км величина  $\alpha_{\text{эф}}$  не определяется только составом и физико-химическими свойствами среды, а зависит как от потока энергии так и от характера энергетического спектра высыпающихся электронов.



## **Использование метода пристрелки и прямого вариационного метода для расчета радиотрасс КВ-диапазона в период геомагнитных бурь 26-29 сентября 2011 г.**

Д.С. Котова<sup>1,2</sup>, И.А. Носиков<sup>1,2</sup>, М.В. Клименко<sup>1,2</sup>, В.В. Клименко<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта, г. Калининград, Россия  
e-mail: igor.nosikov@gmail.com*

<sup>2</sup>*Калининградский филиал Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН, г. Калининград, Россия*

В работе представлены результаты расчетов радиотрасс КВ-диапазона между высокоширотными станциями наклонного зондирования Ловозеро-Салехард в период геомагнитных бурь 26 - 29 сентября 2011 г. В качестве модели среды распространения радиоволн выбрана Глобальная Самосогласованная Модель Термосферы, Ионосферы и Протоносферы (ГСМ ТИП), разработанная в ЗО ИЗМИРАН. Проведено сравнение лучевых траекторий радиотрасс, полученных двумя различными подходами: методом пристрелки и прямым вариационным методом. В работе обсуждаются условия применимости, преимущества, недостатки и перспективы использования различных подходов к расчету радиотрасс для комплексной оценки влияния ионосферных эффектов, вызванных геомагнитными бурями, на качество радиосвязи. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках гранта № 16-35-00590 мол\_а.

## **Результаты наземных наблюдений и моделирования структуры поля в ИНЧ-ОНЧ диапазоне**

А.В. Ларченко, О.М. Лебедь, Ю.В. Федоренко, С.В. Пильгаев

*Полярный геофизический институт, г. Апатиты, Россия*

Знание параметров высокоширотной нижней ионосферы является важным как для фундаментальных исследований физических процессов в ионосфере и магнитосфере Земли, так и для решения ряда практических задач. К ним можно отнести, например, учет влияния ионосферы на результаты электромагнитного зондирования земной коры, работу навигационных систем и радиосвязь. В то же время, любая информация о профиле электронной концентрации и присутствии неоднородностей в нижней ионосфере важна при интерпретации данных наблюдений ОНЧ сигналов на земной поверхности. Изменения профиля проводимости нижней ионосферы, вызванные гелиогеофизическими возмущениями, влияют на структуру поля распространяющихся в волноводе Земля-ионосфера электромагнитных сигналов. Это, в свою очередь, позволяет по данным наземных наблюдений сигналов СНЧ-ОНЧ диапазона диагностировать состояние нижней ионосферы.

В докладе рассматриваются результаты наблюдений структуры поля ИНЧ-ОНЧ сигналов по данным регистрации на высокоширотной сети станций ПГИ в обл. «Верхнегуломский» (68.6° N, 31.79° E), «Ловозеро» (67.97° N, 35.02° E) и «Баренцбург» (78.06° N, 14.22° E). Результаты наблюдений сравниваются с результатами моделирования распространения ИНЧ-ОНЧ волн в волноводе Земля-ионосфера.

## **Численное моделирование воздействия мощной радиоволны КВ-диапазона на ионосферную плазму F-слоя**

О.В. Мингалев, М.Н. Мельник, В.С. Мингалев

*Полярный геофизический институт, г. Апатиты, Россия*

Проведено исследование влияния мощных радиоволн КВ-диапазона на поведение ионосферной плазмы F-слоя. Мощные радиоволны используются при искусственных воздействиях на ионосферную плазму, в частности, во время нагревных экспериментов, когда наземные станции излучают вверх мощные радиоволны КВ-диапазона, которые поглощаются в ионосфере и приводят к ее модификации. Исследование влияния мощных радиоволн КВ-диапазона проведено методом математического моделирования с использованием разработанной в Полярном геофизическом институте численной модели, основанной на решении методом крупных частиц системы уравнений Власова-Пуассона, в которой уравнения Власова описывают поведение

функций распределения электронов и ионов, а уравнение Пуассона описывает самосогласованное электрическое поле в плазме.

Исследуется зависимость плазменных параметров только от координат, перпендикулярных магнитному полю, то есть задача считается пространственно 2-х мерной. В численной модели учитывается движение как электронов, так и ионов в ортогональной геомагнитному полю плоскости.

Результаты расчетов, представляемые в настоящей работе, получены при значениях входных параметров модели, типичных для ночной ионосферы на высоте 300 км. Мощная радиоволна КВ-диапазона считалась стоячей обыкновенной волной, имеющей частоту верхнегибридного резонанса. Вектор электрического поля волны лежал в плоскости, перпендикулярной магнитному полю, в которой лежит и область моделирования. Амплитуды ортогональных компонент электрического поля волны считались одинаковыми и равными 0,49 в/м на уровне пучности радиоволны, что вполне достижимо, например, для высокоширотного нагревного стенда в г. Тромсе (Норвегия).

Расчеты показали, что в области моделирования, когда она находилась на уровнях пучностей и на уровнях узлов стоячей волны, совершенно по-разному вели себя гидродинамические скорости заряженных частиц (электронов и положительных ионов). На уровнях узлов эти скорости оставались близкими к нулю. А на уровнях пучностей векторы гидродинамических скоростей заряженных частиц (электронов и положительных ионов) вращались с частотой, равной частоте мощной радиоволны. При этом величина скорости электронов существенно превышала величину скорости положительных ионов и достигала нескольких км/сек. Этот факт позволил нам высказать гипотезу о том, что обнаруженный эффект, наряду с другими известными механизмами, может приводить к локальному нагреву плазмы в области воздействия мощных радиоволн КВ-диапазона.

### **Особенности регистрации и обработки данных СНЧ-ОНЧ сигналов на обсерваториях ПГИ в арктической зоне**

С.В. Пильгаев, А.В. Ларченко, О.М. Лебедь, М.В. Филатов, А.С. Никитенко, Ю.В. Федоренко

*Полярный геофизический институт, г. Апатиты, Россия*

При проведении экспериментальных исследований геофизических явлений часто кроме стандартной аппаратуры необходимо адаптированное к научным задачам измерительное оборудование с уникальными характеристиками. В Полярном геофизическом институте (ПГИ) разработаны, созданы и успешно эксплуатируются приборы, предназначенные для многокомпонентных измерений низкочастотных электромагнитных полей КНЧ, СНЧ и ОНЧ диапазонов. Их отличительной чертой является высокоточная, с ошибкой, не превышающей единиц микросекунд, синхронизация результатов измерений с мировым временем, осуществляемая с помощью приемников GPS/GLONASS.

В данной работе представлена разработанная в Полярном геофизическом институте аппаратура для наземных наблюдений низкочастотных электромагнитных полей КНЧ, СНЧ и ОНЧ диапазонов. Приводится краткое описание приборов, анализируются их особенности, отличающие эти приборы от стандартной геофизической аппаратуры, а также описываются алгоритмы и программы, предназначенные для обработки цифровых геофизических данных, отсчеты которых синхронизированы с мировым временем с высокой степенью точности.

### **Устройство для калибровки регистраторов электромагнитного поля**

С.В. Пильгаев, А.В. Ларченко, О.М. Лебедь, М.В. Филатов, А.С. Никитенко, Ю.В. Федоренко

*Полярный геофизический институт, г. Апатиты, Россия*

В ПГИ используется сеть высокоширотных станций наземной регистрации компонент электромагнитного поля КНЧ, СНЧ и ОНЧ диапазонов. При исследовании эффектов распространения электромагнитных волн в волноводе Земля-ионосфера возникает ряд задач, при решении которых требуется прецизионная привязка цифровых данных к мировому времени. Правильность интерпретации данных измерений всецело зависит от точного знания характеристик и свойств датчиков, входящих в конструкцию регистраторов, и точности определения передаточных характеристик их измерительных каналов. В ходе проведенных исследований было выявлено, что для определения характеристик измерительных каналов геофизического оборудования с

## *Ionosphere and upper atmosphere*

требуемой точностью недостаточно расчета по электрическим схемам и необходимо проведение прямых измерений. Авторами была разработана методика амплитудной и фазовой калибровки измерительных каналов КНЧ-СНЧ и СНЧ-ОНЧ регистраторов, а также разработано и создано устройство для проведения данных измерений. Разработанное устройство представляет собой генератор сигналов с привязкой волновой формы сигнала к сигналу GPS приёмника. Использование данного генератора для калибровки СНЧ-ОНЧ регистратора в Ловозеро позволило рассчитать абсолютную задержку, вносимую процессом аналого-цифрового преобразования и учесть её при интерпретации результатов измерений в эксперименте по модификации ионосферы модулированным коротковолновым сигналом нагревного стендом «EISCAT/heating» 2016 года.

## **Взаимосвязь ориентации поперечной анизотропии мелкомасштабных неоднородностей в F-области субавроральной ионосферы и горизонтального ветра**

Н.Ю. Романова

*Полярный геофизический институт РАН, Мурманск*

На основе данных спутникового радиозондирования, полученных цепочкой станций Москва-Бабаево-Кемь, определена ориентация поперечной анизотропии  $\Psi_A$  мелкомасштабных (от нескольких сотен метров до нескольких километров) неоднородностей электронной плотности в F-области субавроральной ионосферы. Данные получены в период с октября 2008 г. по март 2012 г. Для каждого конкретного случая регистрации мелкомасштабных неоднородностей рассчитано направление горизонтального ветра (модель HWM07). Численное сопоставление экспериментальных и теоретических данных показало, что в большинстве случаев мелкомасштабные неоднородности в перпендикулярной к магнитному полю плоскости вытягиваются вдоль направления горизонтального ветра.

## **О некоторых аспектах использования данных наблюдений полного электронного содержания ионосферы в целях построения методик прогноза сильных землетрясений**

Е.С. Труханова, О.В. Золотов

*Мурманский филиал Санкт-Петербургского университета государственной противопожарной службы МЧС России (МФ СПб УГПС МЧС России)*

В работе анализируются явления – возможные ионосферные предвестники сильных сейсмических событий. На основе современного состояния проблемы осуществления связи системы "литосфера-ионосфера" и особенностей проявления (эффектов) этой связи в вариациях полного электронного содержания ионосферы в периоды, предшествующие сильным землетрясениям, предложена схема построения методики прогноза сильных сейсмических событий на основе анализа данных спутниковых наблюдений.

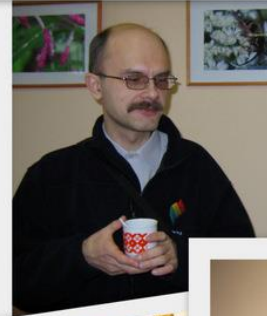
## **Регистрация ракурсного рассеяния радиоволн на радаре дециметрового диапазона с широким сектором обзора**

И.В. Тютин, В.Б. Оводенко, С.А. Пушай

*ОАО "НПК "НИИДАР"*

Экспериментальным исследованиям ракурсное рассеяние радиоволн в УКВ и КВ диапазонах посвящено значительное количество работ. Экспериментальные данные по регистрации анизотропного рассеяния на ионосферных неоднородностях слоя E, полученные на радаре в режиме непрерывного сканирования по азимуту в течение суток, в литературе практически не рассматривались.

В работе производится анализ пространственно-временного распределения обратного рассеяния радиоволн на ионосферных неоднородностях E слоя во время геомагнитной активности 20 января 2016 года.





### **Ballooning observation plan in sub-auroral zone**

Tao Chen

*National space science center, Chinese academy of sciences*

Solar activity will directly and indirectly lead to the enhancement of high energy electron flux near geospace, due to the triggering of electromagnetic wave in magnetospheric plasma region, the outer radiation belt relativistic electron will mainly precipitate to the polar region atmosphere and produce large amount of x ray bursts which in turn change the ionization rate of the atmosphere, further induce the variation of other atmospheric parameters. The main outer radiation belt fills the magnetosphere space that covers  $L=3-7$ , the corresponding field line foot points' geomagnetic latitude being  $56^{\circ}-68^{\circ}$  where is basically sub-auroral zone. The characteristics of the relativistic electron precipitation have been reported based on low altitude satellite data. Future high latitude have been proposed in this report. The ballooning experiment might observe 200keV-15MeV X ray that connects the dynamic state of the lost relativistic electron in the outer radiation belt. And more, simultaneously observe three dimensional atmospheric electric field variation at different heights, determine temporal and spatial characteristics of the atmospheric electric parameters caused by the x ray radiation, establish the basic observation condition for studying the relation between space weather and atmospheric evolution.

### **Impact of radiation belt energetic electron precipitation on total ozone column over high latitudes**

A.V. Karagodin and I.A. Mironova

*Saint-Petersburg State University (SPbSU, Saint-Petersburg, Russia) 199034, Russia, St. Petersburg*

In this paper we investigated a response of the total ozone column on precipitations into the atmosphere of the relativistic electrons from the radiative belts. Here we used the method of superposed epoch analysis and as key dates we chose the events of relativistic electron precipitation from 1961 to 2014. The list of events was prepared by members of the balloon experiments of the Lebedev Physical Institute of RAS. For our study, we selected the events registered during the winter months (from November to February) from 1970 to 2012. These years were chosen, based on the data of the total ozone column obtained during the measurements GOME, SCIAMACHY, OMI. A long series of measurements of the total ozone column allowed studying 90 events of relativistic electron precipitation by superposed epoch analysis; we have the possibility to divide all events according to different characteristic energies of electron precipitation. The latitudinal dependence of the obtained response, about  $68^{\circ}$  N, was limited by balloon measurements. The results of superposed epoch analysis show that total ozone column responds to relativistic electron precipitations. In the polar region the total ozone content is reduced after relativistic electron precipitation and the minimum is observed on the first day after the event.

### **On the question of Urban Heat Island occurrence behind the Polar Circle**

E.A. Kasatkina, O.I. Shumilov, A.G. Kanatjev

*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*

Generation of Urban Heat Island (UHI) is considered as one of the major problems in the XXI century. Before, to the UHI problem in the Arctic it had not been paid enough attention. To date, there are many studies that discuss the generation of heat islands in big cities located in the middle and low latitudes, and almost nothing is known about the UHI occurrence behind the Polar circle. However, heat islands in polar cities are fundamentally different from those at lower latitudes. North of the Polar Circle, the Sun is completely below the horizon in winter and there is no income of solar radiation during some period of time, called the polar night. The solar contribution to the UHI is negligible during the polar night. Here we analyze temperature data collected using a car in the two polar towns Kirovsk ( $67.62^{\circ}$  N,  $33.67^{\circ}$  E) and Apatity ( $67.57^{\circ}$  N,  $33.38^{\circ}$  E) and in the surrounding rural areas during the polar night. Our results show that temperature variations within and outside these cities are caused by either the local orographic effects, or physical condition of the atmospheric boundary layer.



## **Monitoring of variations of a middle atmosphere ozone in polar latitudes of Arctic during stratospheric warming in the winter 2016**

Y.Y. Kulikov<sup>1</sup>, S.I. Osipov<sup>2</sup>, A.V. Poberovsky<sup>2</sup>, V.G. Ryskin<sup>1</sup>, V.A. Yushkov<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Institute of Applied Physics, N. Novgorod, Russia*

<sup>2</sup>*Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia*

<sup>3</sup>*Central Aerological Observatory, Dolgoprudny, Russia*

We present some results of measurements of the ozone emission line in January-March 2016 by method of microwave radiometry. Measurements of spectra of middle atmosphere ozone were executed with the help of mobile radiometer (work frequency 110836.04 MHz). The device was installed in 2007 at physical faculty in Peterhof (60N, 30E) in 28 km from the centre of Saint Petersburg [1]. On the measured spectra were appreciated of ozone vertical profiles in the layer of 22-60 km which were compared to satellite data MLS/Aura and SABER, and also with the data of ozonesonde at station Salekhard (67N, 67E), Sodankyla (67N, 27E) and Summit (73N, 38W). Significant variations in ozone number densities, which were caused by sudden stratospheric warming in winter 2016, were observed in the atmosphere over Peterhof at altitudes of 40 to 60 km.

The work was supported by the RFBR grant 15-05-04249.

1. Timofeyev Yu.M., Kostsov V.S., Poberovsky A.V., Kulikov Yu.Yu., Krasilnikov A.A. Measurements of the ozone vertical profiles of St.-Petersburg by ground-based microwave instrument. The bulletin of the St.-Petersburg University. Release 4, P. 44-53, 2008.

## **Observations by partial reflection radar in Tumanny during noctilucent clouds**

V.C. Roldugin, S.M. Chernyakov, A.V. Roldugin, O.F. Ogloblina

*Polar Geophysical Institute, Apatity*

At 8–12 August 2016 the noctilucent clouds (NC) were observed over Kola peninsula and they were photographed by all-sky camera in Lovozero. They settled over the partial reflection radar in Tumanny observatory also. On 12 August the radar disclosed a specific reflection on the altitudes 83–86 km which may be connected with NC. The wave structure of NC was seen well this day.

## **A new evidence of the close relationship between global temperature anomalies and CO<sub>2</sub>**

R. Werner

*Space Research and Technology Institute, Strara Zagora Department, Bulgaria*

The slow down of the World economic development during the World War I, the Great Depression and the World War II lead to a deceleration of the CO<sub>2</sub> emissions. The adjusted global temperature determined by removal of temperature influences other than related to CO<sub>2</sub> follows close the CO<sub>2</sub> radiation term. The difference between the estimated adjusted temperature time evolution with and without the CO<sub>2</sub> slow down and also the short time trends demonstrate very clear the close relation between the temperature change and the CO<sub>2</sub> radiative forcing. It is shown that the slow down of the CO<sub>2</sub> emission in the period from 1939 up to 1950 and the related CO<sub>2</sub> concentration in the atmosphere, caused by human activities, generate a more slow increase of the temperature. Therefore, CO<sub>2</sub> is the leading variable of the relation surface temperature - CO<sub>2</sub>.

### **Электронно-возбужденные кислородные составляющие в атмосферах планет земной группы**

О.В. Антоненко, А.С. Кириллов, Ю.Н. Куликов

*Полярный геофизический институт (ПГИ), г. Апатиты, Россия*

Рассмотрены процессы возбуждения и гашения электронно-возбужденных состояний Герцберга молекулярного кислорода в атмосферах планет земной группы на высотах свечения ночного неба. Обсуждаются принципиальные различия кинетики электронно-возбужденных состояний O<sub>2</sub> в ночных атмосферах Земли и Венеры. Проведен расчет колебательных населенностей состояний с<sup>1</sup>Σu<sup>-</sup>, A<sup>3</sup>Δu, A<sup>3</sup>Σu<sup>+</sup> на высотах свечения ночного неба планет земной группы. Наблюдается хорошее согласие результатов расчета с результатами наземных наблюдений и спектральными данными, полученными с борта космических летательных аппаратов.

### **Фоновое гамма-излучение 0.2-5 МэВ в приземном слое атмосферы**

Ю.В. Балабин, А.В. Германенко

*Полярный геофизический институт, г. Апатиты, Россия*

В лаборатории космических лучей ведется мониторинг мягкого гамма-излучения, приходящего на детектор из верхней полусферы. Непрерывно измеряется дифференциальный спектр гамма-излучения в диапазоне 0.2-5 МэВ. Накоплены данные за ряд лет, выделены вариации разной природы и периодичности. В данной работе представлены результаты специальной обработки спектров. Прежде всего, получаемый дифференциальный спектр был разбит на полосы шириной 200 кэВ. Наличие большой базы данных позволило с хорошей точностью определить барометрические коэффициенты для всех полос отдельно. Оказалось, что с увеличением энергии барометрический коэффициент возрастает от 0.16 %/мб (200 кэВ) до 0.4 %/мб (5 МэВ). Кроме того, разбиение на полосы выявило и принципиальное различие двух типов вариаций, наблюдаемых в мягком фоновом гамма-излучении. Сезонная вариация в Апатитах составляет ~25 % и простирается только до энергий ~800 кэВ, в то время как возрастания гамма-фона при осадках (в Апатитах достигают ~50 %) четко проявляются до 2.5 МэВ. При этом сезонная вариация определяется толщиной снежного покрова, а возрастания вызываются осадками в любом виде.

### **Влияние микроклимата на надежность восстановления длинных температурных рядов**

В.И. Демин

*Полярный геофизический институт, г. Апатиты*

Микроклиматический режим в местах размещения гидрометеорологических станций оказывает влияние на разность температуры воздуха между ними, что сказывается на надежности восстановления температурных рядов на станциях с короткими рядами наблюдений по данным ближайших длиннорядных. Эффект вызван тем, что микроклиматические особенности проявляются при определенных погодных условиях, повторяемость которых в разные макроциркуляционные эпохи различна. Непостоянный характер разности и даже ее многолетний тренд затрудняет изучение ряда климатических явлений. Например, на гидрометеорологической станции в г. Мурманске становится теплее относительно одних фоновых станций, что могло бы рассматриваться как интенсификация городского «острова тепла», но одновременно становится холоднее относительно других.



### **Микроклиматическая изменчивость температуры воздуха в холмистом рельефе на Кольском п-ове**

В.И. Демин<sup>1</sup>, Б.В. Козелов<sup>1</sup>, Н.И. Елизарова<sup>2</sup>, Ю.В. Меньшов<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Полярный геофизический институт, г. Апатиты

<sup>2</sup>АМСГ «Апатиты» СЗФ ФГБУ "Авиаметтелеком Росгидромета", г. Апатиты

<sup>3</sup>Территориально-ситуационный центр ФКУ Упрдор «Кола», г. Петрозаводск

Исследована микроклиматическая изменчивость температуры воздуха в условиях холмистого рельефа на Кольском п-ове. Разности температур на вершинах холмов и на прилегающих пониженных участках зимой в условиях безоблачного неба и слабого ветра достигают 10-20°C. Заметные вариации температуры (до 5-10°C) наблюдаются даже в слабохолмистом рельефе при перепадах высот менее 15-20 м. В теплое полугодие диапазон вариаций меньше из-за непродолжительности ночного времени, необходимого для радиационного охлаждения приземного слоя воздуха. Однако и в этот сезон разности в отдельных случаях превышают 5-7°C. Значительные микроклиматические неоднородности в поле температуры воздуха вносят сильные искажения в традиционные методы оценки интенсивности городского «острова тепла».

### **Влияние колебаний атмосферного давления в тропосфере на возмущение параметров термосферы**

Ю.А. Курдяева<sup>1</sup>, И.В. Карпов<sup>1,2</sup>, О.П. Борчевкина<sup>1</sup>, П.А. Васильев<sup>1</sup>, С.П. Кшевецкий<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Балтийский Федеральный Университет имени И. Канта, 236016, Россия, г. Калининград, ул. А. Невского, д. 14

<sup>2</sup>Западное Отделение Институт Земного Магнетизма, Ионосферы и распространения радиоволн РАН 236010, Россия, г. Калининград, пр. Победы, 41

Акустико-гравитационные волны (АГВ), распространяющиеся из нижней атмосферы, могут достигать высот верхней атмосферы и вследствие процессов диссипации существенно влиять на характеристики вариаций параметров среды. Вместе с тем, характеристики АГВ, которые могут возбуждаться в нижней атмосфере, недостаточно известны. В работе рассматриваются результаты численного эксперимента, в котором моделируются процессы возбуждения АГВ и их распространения в верхнюю атмосферу вследствие колебаний приземного давления. Особенность проведенного численного эксперимента состоит в том, что характеристики колебаний давления определены по результатам лидарного зондирования тропосферы в период прохождения солнечного терминатора в Калининграде 20.03.2015г.

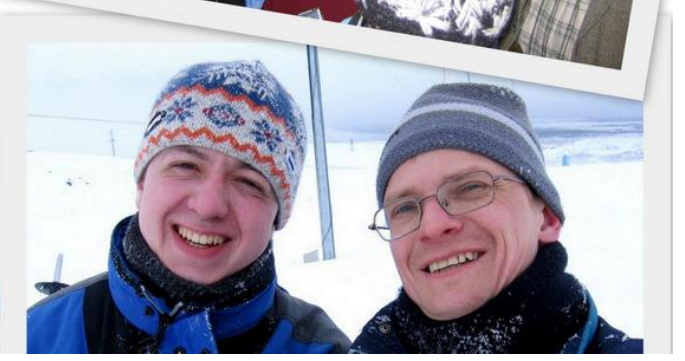
В работе выполнен анализ результатов расчетов и показано, что изменение характеристик колебаний давления в нижней атмосфере в период прохождения солнечного терминатора приводит к изменению спектральных характеристик вариаций параметров термосферы, что указывает на эффективность тропосферных АГВ в возмущении вариаций параметров верхней атмосферы.

### **Влияние оптически толстых облачных слоев на потоки собственного излучения атмосферы**

Е.А. Федотова, И.В. Мингалев, К.Г. Орлов

*Полярный геофизический институт РАН*

В данной работе изложены результаты эталонных расчетов потоков собственного излучения в атмосфере Земли на средних широтах в диапазоне 10-2000 см<sup>-1</sup>, выполненные с разрешением по частоте 0.001 см<sup>-1</sup> при наличии облачных слоев нижнего, среднего и верхнего ярусов, обладающих большой оптической толщиной. Цель данной работы состоит в определении границ изменения скорости нагрева атмосферы собственным излучением, при наличии указанных облачных слоев, а также в изучении влияния этих слоев на поле собственного излучения атмосферы.





## **Suicides and cardiovascular mortality in relation with geomagnetic disturbances, socioeconomic and man-made factors in the auroral zone**

O.I. Shumilov<sup>1</sup>, E.A. Kasatkina<sup>1</sup> and A.V. Chramov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*

<sup>2</sup>*Saint-Petersburg state electrotechnical university "LETI", Saint-Petersburg, Russia*

To study the impact of natural (geomagnetic disturbances), socioeconomic and man-made factors on mortality from suicides and cardiovascular diseases (CVD) we analyzed cases of 9057 CVD deaths and 908 suicides occurred in the town of Kirovsk (Kola Peninsula, 67.6 N, 33.6E) for the period of 1948-2010. A sharp increase has been observed in the rate of CVD deaths (but not suicides) since 1991, which, more likely, was connected to socioeconomic stresses during that period in Russia. Some reduction of suicide and CVD mortality rates in the period of 1985-1990 seemed to be result of anti-alcohol campaign. The rates of suicides and CVD deaths were analyzed with respect to seasons of the year. Our analysis revealed significant differences in seasonal distribution of CVD mortality depending on sex and age groups in their response to geomagnetic disturbances. The influence of geomagnetic disturbances is predominant in female and older male (>70 years) CVD deaths. In the seasonal distribution of suicide in Kirovsk, there are three maxima [March-May ( $P<0.001$ ), July ( $P=0.006$ ), October ( $P<0.001$ )], coinciding with the maxima in the distribution of the most intense ( $A_p \geq 150$  nT) magnetic storms. Spectral analysis revealed periodicities which may be related to the main 11-year cycle of solar activity and (or) its harmonics (aa-index of geomagnetic activity). Possible mechanisms of these impacts are discussed.

## **Possible amplitudes of electromagnetic fields in biological media caused by electromagnetic disturbances and a critical review of reported bio-geomagnetic effects**

N.V. Yagova and E.N. Fedorov

*Schmidt Institute of Physics of the Earth of the Russian Academy of Sciences (IPE RAS)*

A contradiction exists between the reported effects of geomagnetic disturbances in biological objects and negligible values of calculated fields and currents caused by natural geomagnetic disturbances within routine electromagnetic models of biological media. Generally, this contradiction may exist for three possible reasons:

- 1) False correlations because of incorrect statistics, or of an existence of a more powerful factor (atmospheric pressure, etc.) correlating with space weather variations
- 2) Local inhomogeneities in biological media which can influence the basic equations and lead to measurable variations in cell/tissue parameters.
- 3) Existence of specific resonances at ULF/ELF frequencies in the case of a spatial and temporal synchronism of internal and external variations of cell/tissue parameters.

We present estimates of variations of electromagnetic parameters of biological media caused by inner processes and possible contribution of external electromagnetic fields. We review the reported bio-geomagnetic effects in order to discriminate between those that cannot be directly influenced by space weather (p.1) and those that can be physically related to it (p.2 and 3).

## **Влияния искусственных электромагнитных полей на частотах шумановских резонансов на двигательную активность серого тюленя**

В.Ф. Григорьев<sup>1</sup>, А.П. Яковлев<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Полярный геофизический институт, Мурманск, Россия*

<sup>2</sup>*Мурманский морской биологический институт, Мурманск, Россия*

Проблема изучения механизма получения информации о гидрометеорологических процессах в среде обитания, ориентации в пространстве при миграциях и при оценке хода времени у морских млекопитающих является актуальной и обусловлена чрезвычайно ограниченными знаниями в этой области. Ранее, авторами было показано (Яковлев и др., 2016), что низкочастотные электромагнитные поля оказывают влияние на двигательную активность серых тюленей. В данной работе исследовано влияние электромагнитного поля с

частотой 8 Гц на серого тюленя (Патент № 166414, 2016). Построены ритмограммы двигательной активности животного. Показано влияние на двигательную активность животного продолжительности излучения электромагнитного поля.

Яковлев А.П., Михайлюк А.Л., Григорьев В.Ф. Оценка изменений параметров поведения серого тюленя при воздействии на него электромагнитных полей экстремально низких частот в диапазоне 0.01–36 Гц // Вестник МГТУ. - 2016. Т. 19. № 1/2. С. 345–352.  
Устройство для исследования влияния искусственного электромагнитного поля на водные биологические объекты: Патент на полезную модель № 166414 Рос. Федерация, МПК51 G 01 R 1/00 (2006/01)/Е.Д. Терещенко, В.Ф. Григорьев - Заявка № 2016125093; приоритет изобретения 22.06.2016; Срок действия патента 22.06.2016, опубл. 27.11.2016, Бюл. № 33.

## **Сопряженность роста микрофлоры в биологических средах человеческого организма с вариациями гелиогеофизических агентов в высоких широтах**

Т.С. Завадская<sup>1</sup>, Е.Н. Чеботарева<sup>2</sup>, Р.Е. Михайлов<sup>1</sup>, Н.К. Белишева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФАНО ФГБУ КНЦ РАН г. Апатиты, Россия

<sup>2</sup>ГБОУЗ АКЦГБ г. Кировск, Россия

e-mail: Green.myrtal@mail.ru

В работе представлены результаты оценки связи между ежегодной и ежемесячной встречаемостью представителей микрофлоры в различных биологических средах человеческого организма, индексами геомагнитной (ГМА) и солнечной активности (СА). Исследование выполнено на результатах микробиологического анализа, проведенного у отдельных представителей населения, проживающего в высоких широтах (66.3N и 33.7E, Апатито-Кировский район Мурманской области). Анализы встречаемости микрофлоры определенного видового состава в различных биологических средах (мазки из носоглотки детей и взрослых, цервикального канала женщин, мочи и др., всего 25487 анализа) были проведены в микробиологической лаборатории ГБОУЗ АКЦГБ г. Кировска за период с 2008 по 2015 года.

Оценка связи между динамикой значений ежегодной и ежемесячной встречаемости различных видов микрофлоры во всех произведенных в течение года и месяца анализах, нормированных на 1000 человек, и среднегодовыми величинами индексов ГМА и СА показала, что все виды бактерий можно разделить на две группы. В первую группу входят микроорганизмы, численность которых возрастает при возрастании геомагнитной (ГМА) и солнечной активности (СА); вторую группу представляют микроорганизмы, численность которых снижается при возрастании ГМА и СА.

Положительная значимая ( $p < 0.05$ ) корреляция обнаружена между ежегодной численностью Грамм(+) палочек, *Neisseria непатог.*, *E. Coli*, *Staphylococcus haemolyticus*, *Enterococcus faecalis*, *Streptococcus viridans*, *Streptococcus негем.*, индексами ГМА (Кр-индекс, ap-index, AE-index, AU-index) и индексами СА (R, f10.7\_index), а также между ежемесячной суммарной численностью тех же микроорганизмов во всех произведенных анализах, и среднемесячными значениями индексов ГМА и СА. Кроме того, выявлена корреляция между ежемесячной суммарной встречаемостью дрожжеподобных грибов *Candida sp.*, среднемесячными значениями индексов СА (R, f10.7\_index) и ps-индексом.

Отрицательная значимая ( $p < 0.05$ ) корреляция между среднегодовыми индексами ГМА и СА и ежегодной суммарной встречаемостью микроорганизмов во всех произведенных анализах была выявлена только для представителей *Streptococcus ruogenes*. Однако при уровне значимости  $p > 0.05$ , отрицательные корреляции с индексами ГМА и СА были найдены для ежегодных значений суммарной встречаемости *Staphylococcus aureus*, дифтероидов, *Gardnerella vaginalis*, *Enterococcus faecium*. Вместе с тем, значимые ( $p < 0.05$ ) отрицательные корреляции между встречаемостью этих же видов микрофлоры и индексами ГМА и СА были обнаружены при сопоставлении значений ежемесячной встречаемости микроорганизмов *Streptococcus ruogenes*, *Staphylococcus aureus*, дифтероидов, *Gardnerella vaginalis*, *Enterococcus faecium*.

Проведенное исследование показывает, что рост микрофлоры в человеческом организме в различных биологических средах контролируется глобальными и локальными факторами физической природы, ассоциированными с СА. Полученные результаты не только подтверждают выводы А.Л. Чижевского о связи между ростом микрофлоры и СА, но также развивают его учение, демонстрируя характер связи между определенными представителями микрофлоры в человеческом организме и вариациями наземных геофизических факторов среды, ассоциированных с СА.



## AUTHOR INDEX

<b>A</b>	<b>E</b>
Abunin A.A. ....22, 55	Efimov B.V. .... 25
Abunina M.A. ....22	Efishov I.I. .... 66
Adebesin B.O. ....61	Elizarova N.I. .... 80
Adebiyi S.J. ....61	Erkaev N.V. .... 29
Adeniyi J.O. ....15	Ermakov V.N. .... 67
Adimula I.A. ....29	Ermakova E.N. .... 24
Alexeev I.I. ....31, 32, 34	Eroshenko E.A. .... 55
Alho M. ....32	<b>F</b>
Andreeva E.S. ....61, 62	Fedorenko Yu.V. ....30, 64, 65, 72, 73
Antonenko O.V. ....79	Fedorov E.N. ....45, 46, 47, 83
Antonova E.E. ....22	Fedotova E.A. .... 80
Artemyev A.V. ....31, 33, 34	Filatov M.V. ....21, 66, 73
<b>B</b>	Förster M. .... 65
Baddeley L. ....15, 40, 42	Frank-Kamenetsky A.V. .... 68
Balabin Yu.V. ....51, 54, 55, 56, 57, 79	Frolov V.L. .... 67
Barinova V. ....31, 33	<b>G</b>
Barkhatov N.A. ....53, 54, 70	Gaidash S.P. .... 22
Barkhatova O.M. ....70	Galkin A.A. .... 68
Belakhovsky V.B. ....15, 20, 42	Germanenko A.V. ....54, 55, 56, 57, 79
Belenkaya E.S. ....32, 34	Glavatsky Yu.A. .... 54
Belisheva N.K. ....84	Golikov I.A. .... 67
Belov A.V. ....22, 55	Gololobov A.Yu. .... 67
Benghin V. ....30	Golovchanskaya I.V. .... 19
Bergardt O.I. ....39	Gordeev E.I. ....16, 20
Bobrovnikov S. ....31	Grach V.S. .... 40
Bogomolov A. ....30, 31, 33	Grigor`ev V.F. .... 83
Bogomolov V. ....30, 31, 33	Grigorenko E.E. .... 25
Borchevkina O.P. ....80	Gromov S.V. ....19, 23
Borodkova N.L. ....47, 52, 58	Gromova L.I. ....19, 23, 41
<b>C</b>	Guinea V. ....16, 17, 62
Chebotareva E.N. ....84	Gupta S. .... 69
Chelpanov M.A. ....39	Gushchina R.T. .... 55
Chen T. ....77	Gvozdevsky B.B. ....54, 55
Cherniak Iu.V. ....66, 70	<b>H</b>
Chernouss S.A. ....21, 66	Hady A.A. .... 51
Chernyakov S.M. ....61, 62, 78	Hartford A. .... 30
Chilikin V.E. ....47	Hayakawa M. .... 19
Chirskaya N. ....30	Holschneider M. .... 65
Chramov A.V. ....83	<b>I</b>
Chugunov Yu.V. ....43	Ievenko I.B. .... 29
Correia E. ....64	Ikubanni S.O. .... 61
<b>D</b>	Ismagilov V.S. .... 19
Dashkevich Zh.V. ....71	Ivanov N.V. .... 71
Demekhov A.G. ....24, 30, 33, 40, 42, 43, 44	Ivanov V.E. .... 71
Demin V.I. ....79, 80	<b>J</b>
Demyanov A.I. ....22	Joshua B.W. ....15, 61
Despirak I.V. ....16, 17, 62	<b>K</b>
Diaby K.A. ....62	Kalegaev V. ....17, 30, 31, 33
Divin A.V. ....39, 45	Kallio E. .... 32
Dmitriev A.V. ....62	Kanatjev A.G. .... 77
Dmitrieva N.P. ....21, 29	Karagodin A.V. .... 77
Dorman L.I. ....55	Karpov I.V. .... 80
Dovbnya B.V. ....47	Karpov M.I. .... 64
Dremukhina L.A. ....19, 23	Kasatkina E.A. ....77, 83
Dyadechkin S. ....32	Khabarova O.V. .... 56

Khalipov V.L.	67
Kharitonov A.L.	18
Khodachenko M.L.	32, 34
Khomutov S.Yu.	47
Kirillov A.S.	62, 79
Kirpichev I.P.	22
Kislov R.A.	56
Kleimenova N.G.	16, 19, 41, 46
Klimenko M.V.	62, 63, 72
Klimenko V.V.	62, 72
Klimushkin D.Yu.	39
Knyazeva M.A.	64
Kobyakova S.E.	67
Kolade-oje T.Y.	29
Kopytenko Yu.A.	19, 21
Kornilova T.A.	19
Kosolapova N.V.	70
Kotova D.S.	63, 72
Kotova G.A.	67
Kozelov B.V.	17, 20, 30, 62, 80
Kozelova T.V.	20
Kozlovsky A.E.	41, 63
Kozyreva O.V.	15, 40
Kshevetsky S.P.	80
Kubyskin I.V.	29, 32
Kulikov Y.Y.	78
Kulikov Yu.N.	79
Kurdyayeva Yu.A.	80

### L

Larchenko A.V.	43, 44, 64, 65, 72, 73
Lavrukhin A.S.	31
Lazutin L.	30
Lebed O.M.	64, 65, 72, 73
Lesur V.	65
Lorentzen D.	40
Lubchich A.A.	16
Lukianova R.Yu.	62
Lukin A.S.	31

### M

Macotela E.L.	41, 64
Mager O.V.	39
Mager P.N.	39
Malova H.V.	25, 35, 56
Malykhin A.Yu.	25
Malysheva L.M.	19
Manninen J.	41, 44, 45, 64
Markichev M.I.	67
Maslov I.A.	68
Maurchev E.A.	56, 57
Mazur N.G.	46, 47
Melnik M.N.	34, 35, 56, 72
Men`shov Yu.V.	80
Meshalkina N.S.	51
Mihalko E.A.	57
Mikhailov R.E.	84
Millan R.	30
Mingalev I.V.	35, 56, 80
Mingalev O.V.	34, 35, 56, 72

Mingalev V.S.	72
Mironova I.A.	77
Moiseenko D.A.	67
Myagkova I.	30, 31, 33

### N

Namgalagze A.A.	64, 65
Nazarenko M.O.	61
Nazarkov I.	30
Nesterov I.A.	61
Nikitenko A.S.	65, 73
Nikolashkin S.V.	61
Nosikov I.A.	72
Novikov L.	30

### O

Obrou O.K.	62
Ogawa Y.	21
Ogloblina O.F.	78
Orlov K.G.	80
Osipov S.I.	78
Ovchinnikov I.L.	22
Ovodenko V.B.	63, 69, 74
Oyama S.-i.	30

### P

Padokhin A.M.	62
Panasyuk M.	30, 31, 33
Parkhimovich E.V.	65
Parkhomov V.A.	47
Parnikov S.G.	29
Parunakian D.A.	32
Pashinin A.V.	47
Pasmanik D.L.	42, 44
Petrov V.	30, 31, 33
Petrukovich A.A.	34
Pilgaev S.V.	30, 64, 65, 68, 72, 73
Pilipenko V.A.	15, 20, 40, 42, 46, 47
Poberovsky A.V.	78
Podgorny A.I.	51, 57
Podgorny I.M.	51, 57
Poluianov S.V.	52
Ponyavin D.I.	53
Popova T.A.	42
Prokhorov A.	33
Prokhorov B.E.	65, 70
Pryamushkina I.I.	22
Pulinets M.V.	22
Pushay S.A.	74

### R

Raita T.	45
Rakhmanova L.S.	58
Ratovsky K.G.	62
Raulin J.-P.	64
Revunov S.E.	54
Revunova E.A.	53
Rogov D.D.	68
Roldugin A.V.	30, 32, 68, 78
Roldugin V.C.	32, 78
Romanova N.Yu.	61, 74
Romanovskaya Yu.V.	65

Rozhdestvenskaya V.I. ....	66
Rozhdestvenskii D.B. ....	66
Ryazantseva M.O. ....	22, 58
Ryskin V.G. ....	78

**S**

Safari H. ....	53
Sakharov Ya.A. ....	15, 20, 25
Samsonov S.N. ....	15
Sapunova O.V. ....	52, 58
Sasunov Yu.L. ....	34
Schekotov A. Yu. ....	45
Selivanov V.N. ....	25
Semenov V.S. ....	29, 32, 39, 45
Semenova N.V. ....	33
Sergeev V.A. ....	16, 20, 21
Setsko P.V. ....	56
Shagimuratov I.I. ....	21, 66, 70
Shestakov A. Yu. ....	67
Shirokov E.A. ....	43
Shklyar D.R. ....	43, 44
Shprits Y. ....	30
Shukhtina M.A. ....	20, 29
Shumilov O.I. ....	77, 83
Shustov P.I. ....	33
Shuvalov S.D. ....	67
Slivka K. Yu. ....	29
Sormakov D.A. ....	21
Sotnikov N.V. ....	22
Stepanov A.E. ....	67
Stepanov N.A. ....	21
Stepanova M.V. ....	22
Stolle C. ....	65
Svertilov S. ....	30, 31, 33

**T**

Taran S. ....	53
Telegin V.A. ....	66
Tepetnitzina N. Yu. ....	21
Tereshchenko E.D. ....	61, 67
Tereshchenko V.A. ....	61
Titova E.E. ....	30, 44
Toropov A.A. ....	54
Truhanova E.S. ....	74
Tsegmed B. ....	47
Turunen T. ....	41, 64
Tyutin I.V. ....	31, 69, 74

**U**

Ugolnikov O.S. ....	68
Uliev V.A. ....	68
Upadhayaya A.K. ....	69
Usoskin I.G. ....	52
Uspensky M.V. ....	69

**V**

Vaisberg O.L. ....	67
Vasiliev P.A. ....	80
Vasilieva N.E. ....	19
Vasko I.Y. ....	33, 34
Vinogradov A.A. ....	34
Vinogradov A.B. ....	53, 54
Vlasova N. ....	17, 30

Vokhmyanin M.V. ....	53
Volkov M.A. ....	35
Vorobjev V.G. ....	22
Vovchenko V.V. ....	22

**W**

Werner R. ....	62, 78
----------------	--------

**Y**

Yagodkina O.I. ....	22
Yagova N.V. ....	45, 46, 47, 83
Yahnin A.G. ....	24, 30, 33, 42, 45, 47
Yahnina T.A. ....	24, 33, 45
Yakimova G.A. ....	66
Yakovlev A.P. ....	83
Yanke V.G. ....	55
Yashin I. ....	30, 31, 33
Yasyukevich Yu.V. ....	63
Yurik R. Yu. ....	67
Yushkov E.V. ....	31, 33, 34
Yushkov V.A. ....	78

**Z**

Zaitsev I.V. ....	45
Zakharenkova I.E. ....	21, 62, 70
Zastenker G.N. ....	52, 58
Zavadskaya T.S. ....	84
Zaytsev I. ....	39
Zelenyi L.M. ....	34, 35, 56
Zelinsky N.R. ....	19, 46
Zhuravlev R.N. ....	67
Znatkova S.S. ....	22
Zolotarev I. ....	30
Zolotov O.V. ....	65, 70, 74
Zverev V.L. ....	22



**ПОЛЯРНЫЙ ГЕОФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**  
183010, г. Мурманск, ул. Халтурина, 15

**POLAR GEOPHYSICAL INSTITUTE**  
15, Khatulina str., Murmansk, 183010, RUSSIA

