

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION
OF THE RUSSIAN FEDERATION

POLAR GEOPHYSICAL INSTITUTE

PHYSICS OF AURORAL PHENOMENA

42nd Annual Seminar
11 – 15 March 2019

Abstracts



*Ministry of Science and Higher Education
of the Russian Federation*

Polar Geophysical Institute

PGI-19-01-139

With support from:



PHYSICS OF AURORAL PHENOMENA

42nd Annual Seminar

Abstracts

11 – 15 March 2019

Apatity
2019

This publication is supported by RFBR (grant № 19-05-20045)

The organizing committee:

Andris Lubchich (chair)

Irina Despirak

Nadezhda Semenova

Victor Yurov

Tatyana Popova

Addresses:

Apatity department

Akademgorodok, 26a

Apatity, 184209

Murmansk region

Russia

Murmansk department

Khalturina str., 15

Murmansk, 183010

Russia

The editor:

N.V. Semenova

<http://pgia.ru/seminar>

© Polar Geophysical Institute, 2019

CONTENTS

SESSION 1. GEOMAGNETIC STORMS AND SUBSTORMS

N.A. Barkhatov, V.G. Vorobjev, S.E. Revunov, I.S. Undalova	Neural network classification of substorm activity caused by solar wind magnetic clouds	13
V.B. Belakhovsky, V.A. Pilipenko, Ya.A. Sakharov, V.N. Selivanov	The features of the influence of geomagnetic disturbances on a GIC growth in electric power lines	13
I.V. Despirak, T.V. Kozelova, B.V. Kozelov, A.A. Lubchich	Analysis of the substorm activity by THEMIS and ground-based observations – event on 24 December 2014	14
I.V. Despirak, A.A. Lubchich, N.G. Kleimenova	Different types of the solar wind and their influence on appearance of substorms	14
I.I. Efishov, I.I. Shagimuratov, S.A. Chernouss, M.V. Filatov, N.Yu. Tepenitzina, G.A. Yakimova, M.I. Karpov	Latitudinal occurrence TEC fluctuations over Europe during auroral disturbance of 4 November 2018	15
L.I. Gromova, N.G. Kleimenova, S.V. Gromov, L.M. Malysheva	High-latitude geomagnetic response to the of abrupt IMF changes during the 22 July 2009 magnetic storm	15
V.L. Khalipov, V.V. Afonin, R.Yu. Lukyanova, I.B. Ievenko, A.E. Stepanov, G.A. Kotova, V.A. Panchenko	The variation of ionospheric plasma parameters in upper F-region during magnetic storm and sub-storm activities	16
N.G. Kleimenova, L.I. Gromova, I.V. Despirak, S.V. Gromov, L.M. Malysheva	Dayside polar magnetic disturbances during a magnetic storm: Event on 4-5 June 2011	16
B.V. Kozelov, S.A. Chernouss, I.I. Shagimuratov, M.V. Filatov, I.I. Efishov, E.Yu. Tepenitsina, Yu.V. Fedorenko, A.N. Milichenko	Heliogeophysical factors that might induce errors in GPS operation during the NATO military maneuvers code-named "Trident Juncture" from 10/25/2018 to 7/11/2018	17
T.V. Kozelova, B.V. Kozelov	THEMIS observations of bursty bulk flows in the near-Earth magnetosphere during substorm	17
V.V. Safargaleev, A.E. Kozlovsky, V.N. Mitrofanov	07 December 2015 polar substorm: Pre-onset phenomena and features of auroral breakup	17
O.I. Yagodkina, V.G. Vorobjev, E.E. Antonova	Ion pressure at auroral precipitation boundaries and its association with solar wind dynamic pressure	18
Л.А. Дремухина, Ю.И. Ермолаев, И.Г. Лодкина	Анализ развития магнитных бурь, инициированных различными структурами солнечного ветра	18
В.А. Панченко, А.Е. Степанов, В.Л. Халипов	Наблюдение поляризационного джета на ионосферных станциях Якутск (L=3.4) и Москва (L=3)	19

Я. Сахаров, В. Селиванов, В. Билин, В. Николаев	Экстремальные величины геоиндуцированных токов в региональной энергосистеме	19
О.В. Хабарова, Т.Г. Когай, О.В. Мингалев	Новая методика среднесрочного прогноза магнитных бурь по данным измерений вариаций солнечного ветра в точке Лагранжа L_1	20

SESSION 2. FIELDS, CURRENTS, PARTICLES IN THE MAGNETOSPHERE

R. Belyaev, A. Divin, V. Semenov, I. Zaytsev	Reflection of particles from the surface of the Moon due to remanent crust magnetization	21
A. Divin, J. Deca, V. Olshevsky, V. Semenov, I. Zaytsev	Kinetic simulations of solar wind interaction with comets	21
I.B. Ievenko, S.G. Parnikov	Observations of the aurorae and SAR arc dynamics using the all-sky imagers during the substorm expansion	21
I.B. Ievenko, S.G. Parnikov	Observations of the aurorae and SAR arc dynamics using the all-sky imagers during the convection enhancement	22
V.A. Lubchich	The investigation of amplitude-phase characteristics of fictitious magnetic currents, excited by the controlled source of electromagnetic fields in three-dimensional inhomogeneous media, based on the results of experimental studies by radiographic method	22
A.S. Lukin, A.V. Artemyev, E.V. Panov, A.A. Petrukovich, E.V. Yushkov	Spatial structure of night-side magnetopause: Simultaneous observations of ARTEMIS and MMS missions	23
A.S. Lavrukhin, D.A. Parunakian, I.I. Alexeev	Analysis of the Jovian magnetosphere structure using Paraboloid model according to Galileo data	23
I.P. Paramonik, I.V. Zaitsev, A.V. Divin, V.S. Semenov	On a switch-off slow shock existence in collisionless plasma: Particle-cell-simulation	23
N.V. Semenova, A.G. Yahnin, T.A. Yahnina, A.G. Demekhov	Occurrence rate and intensity of energetic proton precipitation equatorward of the isotropic boundary: Dependence on geomagnetic activity	24
V.A. Sergeev	Remote sensing of magnetotail current sheet: Solar particle events	24
P.I. Shustov, Y. Nishimura, A.V. Artemyev, X.-J. Zhang	Sub-ion magnetic holes: In-situ observations and possible connection to optical data	25
I.V. Zaitsev, A.V. Divin, V.S. Semenov	Cold ion heating during magnetic reconnection	25
T.A. Yahnina, A.G. Yahnin, N.V. Semenova	Relativistic electron precipitation revealed from POES observations: Dependence on geomagnetic activity	25
E.V. Yushkov, A.V. Artemyev, A.A. Petrukovich	Current sheet model for the Earth magnetopause with strong plasma flows	26

И.П. Кирпичев, Е.Е. Антонова, В.Г. Воробьев, О.И. Ягодкина, И.Л. Овчинников, М.С. Пулинец, С.С. Знаткова, Н.В. Сотников, С.К. Мить, П.С. Казарян	Параметры каппа распределений ионов в экваториальной плоскости на геоцентрических расстояниях менее 15 RE и проецирование аврорального овала на экваториальную плоскость	26
О.В. Мингалева, И.В. Мингалева, Х.В. Малова, Л.М. Зеленый	Стационарная модель пространственно 2-мерного тонкого токового слоя с нормальной компонентой магнитного поля с кинетическим описанием замагниченных электронов	26
О.В. Мингалева, И.В. Мингалева, Х.В. Малова, А.М. Мерзлый, В.С. Мингалева, О.В. Хабарова	Корректное кинетическое и газодинамическое описание замагниченной бесстолкновительной плазмы с учетом продольного силового равновесия электронов	27
О.В. Мингалева, И.В. Мингалева, Х.В. Малова, М.Н. Мельник, П.В. Сецко, Т.Г. Когай, Л.М. Зеленый	Зависимость стационарных конфигураций тонкого токового слоя с постоянной нормальной компонентой магнитного поля от скорости образующих слой потоков протонов	28

SESSION 3. WAVES, WAVE-PARTICLE INTERACTION

O.I. Akhmetov, I.V. Mingalev, O.V. Mingalev, Z.V. Suvorova, V.B. Belakhovsky, S.M. Chernyakov	The study of the singularities the ULF signal propagation in the atmosphere of high latitudes under various heliogeophysical conditions	29
V.B. Belakhovsky, K. Shiokawa, A. Matsuoka, Y. Kasahara, I. Shinohara, Y. Miyoshi	The conjugate observations of QP emissions on ERG satellite and Lovozero station	29
V.B. Belakhovsky, K. Shiokawa, A. Matsuoka, S.-Y. Wang, Y. Kazama, S. Tam, S. Kasahara, S. Yokota, K. Keika, T. Hori, I. Shinohara, Y. Miyoshi	The study of the generation mechanism of monochromatic Pc4 pulsations with using ERG satellite data	29
V.S. Grach, A.G. Demekhov	Resonant interaction of energetic electrons with auroral kilometeric radiation	30
O.M. Lebed, Yu.V. Fedorenko, N.G. Kleimenova, A.S. Nikitenko	Modeling of auroral hiss propagation from the source region to the ground	30
O.S. Mikhailova, D.Yu. Klimushkin, P.N. Mager	Categorization of dayside Pc4 pulsations: A Van Allen Probes statistical study	31
A.S. Nikitenko, Yu.V. Fedorenko, O.M. Lebed, J. Manninen, N.G. Kleimenova, S.V. Pilgaev, A.V. Larchenko	Ground-based high latitude observations of the VLF auroral hiss and comparison with the modeling results	31
D.L. Pasmanik, A.G. Demekhov	Peculiarities of VLF wave amplification during their propagation in the inhomogeneous magnetospheric plasma	31
V.C. Roldugin, A.V. Roldugin	Allocation of Pc3-4 pulsations on 28 January 2018	32

A.V. Rubtsov, O.V. Agapitov, P.N. Mager, D.Yu. Klimushkin, O.V. Mager	Compressional ULF wave from multipoint THEMIS measurements in the dusk side magnetosphere	32
E.E. Titova, A.G. Demekhov, A.A. Lubchich, J. Manninen, A.G. Yahnin, T.A. Yahnina	Characteristics of wave-particle interactions during magnetosphere compressions according to the Van Allen Probes satellites	32
A.G. Yahnin, J. Manninen, T. Raita, T.A. Popova, A.A. Lubchich, T.A. Yahnina, E.E. Titova, A.G. Demekhov	Simultaneous observations of EMIC and VLF waves during multiple magnetosphere compressions	33
А.Д. Гомонов, Н.В. Калитёнков, А.Н. Миличенко	Экспериментальные исследования искажений частотного спектра радиосигналов декаметрового диапазона в неоднородной, неравновесной ионосфере	33
А.Д. Гомонов, Н.В. Калитёнков, А.Н. Миличенко, М. Ритвелд, А. Брекке	Об особенности воздействия мощным КВ радиоизлучением полярного нагревного стенда на неравновесную плазму	34
Е.Н. Федоров, Н.Г. Мазур, В.А. Пилипенко	Проникновение электромагнитного излучения на промышленной частоте 50 Гц и ее гармониках от линий электропередач в верхнюю ионосферу	34

SESSION 4. THE SUN, SOLAR WIND, COSMIC RAYS

O.M. Barkhatova, N.A. Barkhatov, V.G. Vorobjev, S.E. Revunov, D.S. Dolgova	The solar wind magnetic clouds structures frequency features	35
A.V. Belov, E.A. Eroshenko, V.A. Oleneva, M.A. Abunina, V.G. Yanke	Variations of the north-south component of cosmic ray anisotropy in various structures of the solar wind	36
A.V. Borisenko	The study of evolution long-term unipolar coronal hole in northern hemisphere in solar minimum for 2015-2017	36
A.V. Borisenko, I.M. Podgorny, A.I. Podgorny	Using of the GPU calculations for study of solar flare mechanism via coronal MHD simulation	36
M.Y. Filippov, A.A. Abunin, N.A. Khodataev	Evaluation of solar activity from the data of meter range solar radio emission	37
A. Gil, G. Kovaltsov, V. Mikhailov, A. Mishev, S. Poluianov, I. Usoskin	An event of anisotropic cosmic ray enhancement on 07 June 2015	37
B.B. Gvozdevsky, A.V. Belov, R.T. Guschina, E.A. Eroshenko, V.G. Yanke	Investigation of the planetary distribution of the geomagnetic cutoff rigidity of cosmic rays for different orbits for the 2020 for different models of the geomagnetic field	38

M.S. Kalinin, G.A. Bazilevskaya, M.B. Krainev, A.K. Svirzhevskaya, N.S. Svirzhevsky, Yu.I. Stozhkov	Peculiarities of the time variations of the solar and heliospheric characteristics and GCR intensity during minimum between solar cycles 24 and 25	38
M.B. Krainev	Comparison between the regular balloon and neutron monitoring of the GCR intensity and the direct GCR measurements in the PAMELA and AMS-2 experiments	38
I.M. Podgorny, A.I. Podgorny	The physical mechanism of the solar flare, studied on the basis of the results of observations and MHD simulation	39
O.V. Sapunova, N.L. Borodkova, G.N. Zastenker, Yu.I. Yermolaev	Analysis of the interplanetary shock front fine structure, observed by BMSW experiment	39
M.I. Sukhovey, V.A. Shishaev, G.F. Remenets	Comparison of the diurnal variations of the bottom edge of the ionosphere during the proton precipitations on 29 September 1989 and 19 October 1989	40
A.A. Vinogradov, I.Y. Vasko, A.V. Artemyev, E.V. Yushkov	Analysis of thin current sheets in the solar wind	41
М.А. Абунина, А.А. Абунин, А.В. Белов, С.П. Гайдаш, И.И. Прямушкина, Л.А. Трефилова	Корональные выбросы массы с различной структурой магнитного поля	41
А.В. Германенко, Е.А. Маурчев, Е.А. Михалко	Использование полученных во время полета на самолете измерений скорости счета заряженной компоненты космических лучей в качестве одного из методов верификации программного комплекса RUSCOSMICS	41
Б.В. Козелов	Статистика измерения радиации на высотах рейсовых самолетов в 2017-2018 годах	42
М.Б. Крайнев	О поведении солнечных и гелиосферных характеристик в фазе минимума между солнечными циклами 24 и 25	42
Е.А. Маурчев	Моделирование результатов эксперимента регулярного баллонного мониторинга космических лучей в случае использования данных PAMELA как входного параметра энергетического спектра источника первичных ГКЛ	42
Е.А. Маурчев, Ю.В. Балабин	Расчет скорости ионизации нижней атмосферы Земли протонами космических лучей в области высоких широт во время события GLE No 61 и оценка вклада в этот процесс ядер кислорода в случае спектра чисто галактических космических лучей	43
Е.А. Маурчев, А.В. Германенко, Е.А. Михалко, Ю.В. Балабин, Б.Б. Гвоздецкий	Ионизация атмосферы Земли протонами космических лучей в случае использования глобальной модели с учетом значений жесткостей геомагнитного обрезания	43
Е.А. Михалко, Е.А. Маурчев, А.В. Германенко	Сравнение данных эксперимента по запуску шаров-зондов с полученными при помощи RUSCOSMICS высотными профилями и анализ представленных результатов	44

Л.С. Рахманова, М.О. Рязанцева, Г.Н. Застенкер	Изменение характеристик турбулентности плазмы на ионных масштабах при пересечении околосемной ударной волны	44
Л.А. Трефилова, А.В. Белов, И.М. Черток, А.А. Абуниин, М.А. Абунина, С.П. Гайдаш, И.И. Прямушкина	Связь магнитного потока солнечных эрупций с величиной протонных возрастаний	44

SESSION 5. IONOSPHERE AND UPPER ATMOSPHERE

E.S. Andreeva, E.D. Tereshchenko, M.O. Nazarenko, I.A. Nesterov, A.M. Padokhin	Radio tomographic studies of the ionospheric effects of particle precipitation	45
A.B. Beletskii, R.V. Vasilev, T.Ye. Syrenova, R.A. Rakhmatulin, A.V. Mikhalev, A.Yu. Pashinin, A.V. Oinats, K. Shiokawa, N. Nishitani	Short bursts of photometric signal during auroral atmosphere radiation	45
F.S. Bessarab, Y.N. Korenkov, A.V. Timchenko, O.P. Borchevkina, K.G. Ratovsky	Analysis of the periods of variation of the F2-layer critical frequency during sudden stratospheric warmings (SSW) of 1966–2009 for Kaliningrad station	46
S.M. Cherniakov, V.A. Turyansky	Determination of temperature in the mesosphere using partial reflection method	46
M.Y. Filippov, A.S. Logovsky, A.V. Timoshenko, Y.V. Yasukevich	Satellite L- and C-two-band radar in the task of monitoring the ionosphere	47
V.A. Ivanova, K.G. Ratovsky, O.I. Bergardt, I.D. Tkachev	Automatic analysis of f_{\min} increases during X-ray solar flares	47
A.S. Kirillov, R. Werner, V. Guineva	The study of the role of intermolecular processes in the kinetics of $N_2(A^3\Sigma_u^+)$ in upper atmospheres of planets of Solar System	47
V.I. Kosolapenko, A.A. Galkin	Measurements of the cosmic radio noise absorption at a frequency of 30 MHz in the observatory "Lovozero"	48
D.S. Kotova, I.A. Nosikov, M.V. Klimenko, E.R. Somina	Comparison of two approaches for a point-to-point radio wave ray tracing in analytical medium	48
D.S. Kotova, I.E. Zakharenkova, M.V. Klimenko, V.B. Ovodenko, I.V. Tytin, D.V. Chugunin, A.A. Chernyshov, K.G. Ratovsky, N.V. Chirik, M.V. Uspensky, V.V. Klimenko, R.A. Rakhmatulin, A.Yu. Pashinin, A.V. Dmitriev, A.V. Suvorova, P.A. Budnikov, J.C. Coxon	Monitoring and interpretation of ionospheric irregularities with different spatial scale in the East Siberian region during the geomagnetic storm of May 27-28, 2017	48

B.V. Kozelov, A.V. Roldugin, S.V. Pilgaev, V.F. Grigoriev	Triangulation of auroral structures in Barentsburg	49
O. Kozyreva, A. Kozlovsky, V. Pilipenko	Ionospheric quasi-periodic oscillations in the Pc5 band as observed by the Sodankylä digital ionosonde	49
A.V. Larchenko, Yu.V. Fedorenko, S.V. Pilgaev	Relationship the electromagnetic ELF/VLF waves parameters emitted by EISCAT facility with dynamic of the auroral electrojet	49
Weijun Liu, Jiyao Xu, Wei Yuan	Characteristics of atmospheric waves induced fluctuations in O ₂ and OH(6-2) airglows observed by the ground-based spectrometer	50
A.M. Padokhin, E.S. Andreeva	Modeling vertical and oblique ionograms in artificially disturbed ionosphere based on radio tomographic data	50
M.S. Petrishchev, Yu.A. Kopytenko, V.S. Ismaguilov	Using the phase velocities of geomagnetic pulsations for study of the characteristics of the Earth's crust	51
V.C. Roldugin, B.V. Kozelov, S.M. Chernyakov, A.V. Roldugin	O-wave and E-wave attached to the partial reflection PGI radar in Tumanny at the noctilucent clouds time on 15 August 2015	51
M.V. Rybakov, A.A. Namgaladze, Yu.A. Shapovalova, V.K. Koshelevsky, M.A. Knyazeva	Evaluation of the impact of the North magnetic pole movement on the calculations for the auroral and subauroral ionosphere	51
P.E. Tereshchenko, A.E. Sidorenko	The influence of the ionosphere on the propagation of low-frequency radio waves from the results of experiments with powerful controlled sources in the experiment "FENICS-2014"	52
I.D. Tkachev, R.V. Vasilyev, A.V. Mikhalev, S.V. Podlesny	Simultaneous observations of fast optical events in the Earth's atmosphere by optical devices complex	52
O.S. Ugolnikov, I.A. Maslov	Clouds and aerosol in stratosphere and mesosphere: Polarization analysis and trends in the beginning of 21st century	53
R.V. Vasilyev, A.B. Beletsky, K.I. Ivanov, E.S. Komarova, A.V. Mikhalev, S.V. Podlesny	Fast variations of the upper atmosphere airglow due to meteor and human activity	53
R.V. Vasilyev, M.F. Artamonov, A.V. Medvedev, K.G. Ratovsky, M.V. Tolstikov	3D structure of upper atmosphere wind from optical and radiophysical observations	54
G.G. Vertogradov, V.P. Uryadov, M.S. Sklyarevsky, F.I. Vybornov	Positioning of small-scale irregularities of the subauroral ionosphere with help of chirp HF radar bistatic configuration during magnetic storm 22-23 June 2015	54
G.G. Vertogradov, V.P. Uryadov, M.S. Sklyarevsky, F.I. Vybornov	Positioning of high-latitude ionospheric irregularities with help of chirp HF radar bistatic configuration on the Alice Spring (Australia) – Rostov-on-Don (Russia) transequatorial path	54
Jiyao Xu, Wei Yuan	The ground-based airglow observation network over China and some recent observation and research results	55

Jiyao Xu, Wei Yuan	The global structure of the thermospheric density caused by auroral heating	55
О.В. Антоненко, А.С. Кириллов, Ю.Н. Куликов	Исследование влияния вариаций атомарного кислорода на интенсивность свечения в атмосфере Земли	55
Ж.В. Дашкевич, В.Е. Иванов	Эффективность каналов возбуждения эмиссий 557.7 нм и 630.0 нм в полярных сияниях	56
И.В. Мингалев, О.И. Ахметов, З.В. Суворова, О.В. Мингалев, Ю.В. Федоренко	Моделирование низкочастотных сигналов в ближней зоне передатчика	56
И.В. Мингалев, О.В. Мингалев, А.М. Мёрзлый, В.С. Мингалев, М.В. Клименко, В.В. Клименко	Система уравнений для электромагнитного поля при моделировании крупномасштабных процессов в ионосфере	56
И.В. Мингалев, З.В. Суворова, А.М. Мерзлый, В.С. Мингалев	Моделирование условий радиосвязи в КВ диапазоне в Арктике при различных геофизических условиях	57
Н.С. Носикова, Н.В. Ягова, В.А. Пилипенко, Е.Н. Федоров	Естественные электромагнитные шумы УНЧ-КНЧ диапазона 5-20 Гц в F-слое ионосферы по данным спутников SWARM	57
С.В. Пильгаев, А.В. Ларченко, М.В. Филатов, Ю.В. Федоренко, А.С. Никитенко	Регистратор электромагнитного поля ОНЧ/НЧ диапазона	58
В.А. Телегин, Н.А. Дятко, И.В. Кочетов	Исследование особенностей F-рассеяния в зимний период по данным спутника ИК-19	58
В.А. Телегин, Н.Ю. Романова, В.А. Панченко, Г.Н. Жбанков	Об ориентации поперечной анизотропии мелкомасштабных неоднородностей F-области в направлении дрейфа над Москвой в январе 2014 года	58
И.В. Тютин	Спектральный анализ сигналов когерентного эха от ионосферных неоднородностей	59
В.А. Ульев, Д.Д. Рогов, А.В. Франк-Каменецкий	Аномальное изменение поглощения ППШ в период дневной фазы эффекта день-ночь вариации	59
В.А. Ульев, Д.Д. Рогов, А.В. Франк-Каменецкий	Утренне-дневная аномалия изменения поглощения ППШ в период дневной фазы эффекта день-ночь вариации	59
В.П. Урядов, Ф.И. Выборнов, А.В. Першин	Влияние солнечной и магнитной активности на ионосферный КВ канал по данным наклонного зондирования в сентябре 2017 г.	60

SESSION 6. LOW ATMOSPHERE, OZONE

V.I. Demin, B.V. Kozelov	Specificities of the vertical temperature profile in hilly terrain and its influence on the estimation of the urban heat island intensity in Apatity	61
E.A. Kasatkina, O.I. Shumilov	Modeling of infrasound wave propagation in the atmosphere from the Vitim and Chelyabinsk bolides	61

A.S. Kirillov, V.B. Belakhovsky	Intensities of first and second positive system bands of N ₂ in the Earth's middle atmosphere during precipitations of relativistic electrons	61
Y.Y. Kulikov, A.F. Andriyanov, V.I. Demin, A.S. Kirillov, B.V. Kozelov, V.G. Ryskin, V.A. Shishaeв	Microwave observation of middle atmosphere ozone during polar night in December 2017 and 2018 at Apatity	62
A.M. Padokhin, S.A. Kalashnikova, N.A. Tereshin	GNSS-R estimations of snow depth in Northern Europe	62
Ю.В. Балабин, Б.Б. Гвоздецкий, А.В. Германенко, Е.А. Маурчев, Е.А. Михалко, Л.И. Щур, В.Ф. Григорьев	Сравнения событий возрастания гамма-фона при осадках в высокогорье и равнинной местности	62
В.И. Демин, Б.В. Козелов, Ю.А. Горбань, Ю.В. Меньшов	О влиянии солнечной радиации на формирование острова тепла в г. Апатиты	63
В.И. Демин, В.А. Шишаев	Концентрации приземного озона в г. Апатиты в аномально жаркие периоды 2018 г.	63
М.О. Кузнецова, Б.В. Козелов, В.И. Демин	Особенности распределения температуры воздуха над Кольским заливом в г. Мурманске	63
И.В. Мингалев, К.Г. Орлов, В.С. Мингалев	Результаты численного моделирования зарождения крупномасштабных вихрей в земной тропосфере в области внутритропической зоны конвергенции	63
К.Г. Орлов, Е.А. Федотова, И.В. Мингалев	Эталонные расчеты поля солнечного излучения в нижней и средней атмосфере Земли	64

SESSION 7. HELIOBIOSPHERE

N.K. Belisheva	The effect of space weather in the polar cusp on human body at the Spitsbergen archipelago	65
P.A. Kashulin, N.V. Kalacheva, E.Y. Zhurina, M.V. Smirnova, V.K. Zhirov	Biorhythms in northern arboreal plants at Solar cycle descend phase	65
O.I. Shumilov, E.A. Kasatkina, M. Timonen	Solar signals in Arctic tree-ring indexes	66
Н.К. Белишева, А.А. Мартынова, С.В. Пряничников, Н.Л. Соловьевская, Т.С. Завадская, В.В. Мегорский	Медико-биологические эффекты воздействия геокосмических агентов на организм человека в условиях арх. Шпицберген	66
Т.С. Завадская, Н.К. Белишева	Значение геофизических агентов и эндогенной микрофлоры в заболеваемости мужчин болезнями мочеполовой системы на Кольском Севере	67

М.В. Рагульская, Н.К. Белишева	Космические лучи как фактор эволюции биокосного вещества	68
Н.Л. Соловьевская, Е.Е. Яновская, Р.Р. Юсубов, Н.К. Белишева	Оценка влияния геокосмических агентов на психофизиологическое состояние человека с применением метода газоразрядной визуализации (ГРВ)	69
С.А. Черноус	Полярные сияния в живописи Николая Рериха	70
Author index		71

Neural network classification of substorm activity caused by solar wind magnetic clouds

N.A. Barkhatov¹, V.G. Vorobjev², S.E. Revunov¹, I.S. Undalova¹

¹*Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University, Nizhny Novgorod*

²*Polar Geophysical Institute, Apatity*

Using artificial neural network (ANN) of Kohonen layer type, images of causal relationship of substorm activity with the Solar wind and interplanetary magnetic field parameters corresponding to the solar fluxes of magnetic cloud (MC) type within its influence on Earth's magnetosphere were classified. The study was performed using minute data corresponding to the observation intervals of 33 MC's, recorded in 1998–2012 [Barkhatov *et al.*, 2014]. Solar wind parameters, interplanetary magnetic field components (IMF), values of SYM/H and AL indices for magnetic activity were analyzed for each MC interval. Based on available data, an information database was created, which contains 34 parameters. The analysis of classification results allows identifying the selected classes of substorms with a specific combination of disturbances of the solar wind parameters and IMF in Solar wind magnetic clouds.

The implementation of machine vision algorithms was to develop a data presentation form for training and testing the ANN. For these purposes, combinations of parameters involved in the classification were presented in the form of three-, four-, etc. polygons. This way of presenting data arrays made it possible to monitor the ANN work and calculate the classification success. The classification experiments were carried out with separate use of parameters combinations that correspond only to the events causes (parameters related to the MC) and only the events consequences (parameters related to the geomagnetic response of the magnetosphere). The resulting classes of causes and effects classes were compared by a special algorithm. In the case of coincidence of causal parameters combinations class with the substorm investigation class, the class was declared established.

As a result, each notable substorms class was identified with a specific type of Solar wind and IMF parameters disturbance within MC body. Class 1 - manifestations in AL index dynamics in the form of solitary weak substorms with slowly changing values of Bz component within MC body. Class 2 - moderate manifestations of substorm activity in AL index dynamics in the form of solitary substorms or substorms series caused by sharp changes in Bz within MC body. Class 3 - extreme manifestations of the substorm activity in the form of a substorms series with extreme AL index values, accompanied by a significant growth rate of the integral value NV2 within MC body. It is shown that the use of parameters combinations as ANN input allows determining levels for expected AL index intensity with accuracy up to ~70%. The success of identifying specific cause-effect classes containing parameters of substorm activity causes and its dynamics indicates a close non-linear relationship between AL index dynamics and MC parameters.

This work was supported by Ministry of Education and Science of Russian Federation project №5.5898.2017/8.9 (Barkhatov N.A., Revunov S.E.).

Barkhatov N. A., Revunova E. A., Vinogradov A. B. Effect of Orientation of the Solar Wind Magnetic Clouds on the Seasonal Variation of Geomagnetic Activity // *Cosmic Research*. 2014. V. 52. N. 4. P. 269–277. © Pleiades Publishing, Ltd., 2014. DOI: 10.1134/S0010952514040017.

The features of the influence of geomagnetic disturbances on a GIC growth in electric power lines

V.B. Belakhovsky¹, V.A. Pilipenko², Ya.A. Sakharov³, V.N. Selivanov⁴

¹*Polar Geophysical Institute, Apatity*

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

³*Geophysical Center of the RAS, Moscow*

⁴*Center of the physical and technical problems of North energetic of the KSC RAS, Apatity*

In this work it is conducted the estimations of the influence of different types of geomagnetic disturbances (SC, TCv, impulses, substorm, Pi3 pulsations) on the value of geomagnetically induced current (GIC) registered in electric power lines of Kola Peninsula and Karelia. The registration system is created by the Polar Geophysical Institute together with the Center of the physical and technical problems of North energetic. This system is single in Russia. The registration system is oriented mainly in the North-South direction. For the registration of the geomagnetic field disturbances the IMAGE magnetometer data are used.

Geomagnetic storms and substorms

It is commonly accepted the models of GIC in which the main source of GIC is variations of the auroral electrojet intensity producing the currents in latitude direction. On the base of this notion it is considered that the geomagnetic disturbances are dangerous for the technological systems oriented in the East-West direction. In this work on the base of analyses of geomagnetic field variability is shown that noticeable contribution to the growth of GIC value can have not only auroral electrojet but also small-scale vortex current systems. Thus, the GIC are dangerous also for the technological systems oriented in the North-South direction.

The Pi3 pulsations during a substorm with a vortex structure of the ionosphere current systems can lead to additional growth of the GIC value. It is shown that in individual cases GIC can better correlate with the geomagnetic field variations than with its derivate. So, the high values of the GIC can be caused not only by the temporal variations of the geomagnetic field but also spatial variations of the vortex current systems connected with the field-aligned currents in the magnetosphere.

The noticeable amplitude of the geomagnetic disturbance not always leads to the big vales of GIC. The space-time distribution of the maximum of geomagnetic disturbances is not always coincide with the space-time distribution of the maximum of derivate dX/dt . So, the problem of GIC prediction does not always come down to the predictions of the strong geomagnetic disturbance.

Analysis of the substorm activity by THEMIS and ground-based observations – event on 24 December 2014

I.V. Despirak, T.V. Kozelova, B.V. Kozelov, A.A. Lubchich

Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia; e-mail: despirak@gmail.com

The analysis of the substorm activity on December 24, 2014 in the interval from ~ 16 to ~ 17:30 UT was carried. During this period, the substorm disturbances of the fields and fluxes of energetic particles were recorded on THE and THD satellites, which were in the midnight sector of the magnetosphere at $r \sim 8.5-10.3$ Re. The disturbances in the geomagnetic field are registered at Tiksi (TIK), Dickson (DIX), Amderma (AMD), Lovozero (LOZ) stations and some stations of the IMAGE magnetometer network. In addition, aurora activity was observed by all-sky camera in Apatity (APT). Magnetic activity began at the DIX at $T_0 \sim 16: 10$ UT, then the increasing of the westward electrojet occurred at more western stations, from AMD at $T_1 \sim 16:35$ UT to LOZ at $T_2 \sim 16: 45$ UT. An analysis of ground-based data showed that certain variations of the D-component of the magnetic field were registered and these variations propagated at different longitudes during the moving of the westward traveling surge in aurora dynamic (WTS). This is an effect of the upward from the ionosphere field-aligned current, which is located on the westward edge of the propagating active auroral region. May be suggested that the active arc associated with the “onset” of this substorm was located on the latitude, between THD and THE, because the different signs of the EX components on the two satellites were observed near moment T_0 . It's confirmed the almost simultaneous beginning of the growth of the magnetic field and plasma fluxes in both satellites but with a slight advance on the more eastward satellite (THE). This idea is supported the appearance of a discrete, localized on latitude, auroral arc, which propagated westward. This arc arises over the Apatity, ~ the 2 MLT to the westward from the region of “onset”, and, perhaps, this arc may be associated with auroral ‘horn’.

Different types of the solar wind and their influence on appearance of substorms

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

¹*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia; e-mail: despirak@gmail.com*

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

It is known that there are different large-scale structures and flows inside the solar wind, so-called “types” of the solar wind. Each “type” characterized by certain values of the solar wind parameters, and these values can vary slightly within the “types”. In this report we will considered six based solar wind types: the high speed streams from coronal holes (FAST); the interplanetary manifestations of coronal mass ejections: the magnetic clouds (MC) or EJECTA; the regions of compressed plasma before these streams – CIR and SHEATH; the slow solar wind (SLOW) streams. The aim of our work is the study of the solar wind types and their possible influence on the appearance of the specific

high-latitude magnetic substorms. For this purpose, we combine the data of the ground-based magnetometers, OMNI data base for the interplanetary medium parameters and the catalog of the large-scale solar wind phenomena (<ftp://ftp.iki.rssi.ru/omni/>). Substorms were selected the data from global magnetometers network SuperMAG and meridional magnetometer chain IMAGE. Three types of substorms have been considered: two types of the substorms observed at the geomagnetic latitudes higher $\sim 70^\circ$ CGC (“polar” and “expanded” substorms) and the supersubstorms (the particularly intense substorms with SML index < -2500 nT). It is shown that the distribution of these 3 types of substorms on the different streams and structures of the solar wind is almost opposite. “Expanded” substorms are observed during FAST streams, in plasma compression regions (CIR and SHEATH) and sometimes during EJECTA observed against the background of FAST streams. “Polar” substorms are observed during SLOW streams and EJECTA that occur against the background of a slow stream and sometimes at the end or beginning of a FAST. The Supersubstorms (SSS) were associated with SHEATH, MC, EJECTA and they almost did not observe during FAST and SLOW streams.

Latitudinal occurrence TEC fluctuations over Europe during auroral disturbance of 4 November 2018

I.I. Efishov¹, I.I. Shagimuratov¹, S.A. Chernouss², M.V. Filatov², N.Yu. Tepenitzina¹, G.A. Yakimova¹, M.I. Karpov¹

¹*West Department IZMIRAN, Kaliningrad, Russia; e-mail: shagimuratov@mail.ru*

²*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*

The storm started after noon 4 November 2018 and it was rather moderate. Maximal Dst riched -30 nT after noon during November 4 and -53 nT in day time of November 5 respectively. We analyzed latitudinal occurrence of TEC fluctuations in European sector using GPS measurement of EPN network. The fluctuation activity was evaluated by index ROTI. The rate of TEC(ROTI) fluctuations obtained from dual-frequency GPS measurements. The magnetograms were used as indicator of auroral activity. Maximal fluctuation activity was observed in auroral and subauroral zone. Strong fluctuations were registered of November 4 after 15 UT. The intensity of the fluctuations was comparable with intensity November 5, although in 5 November auroral activity was stronger than 4 November. The lowest stations at which marked fluctuations were observed at VAAS station, which located at latitude 62.8° N. It was found good similarities between temporary development of substorm activity and intensity of TEC fluctuations GPS signals.

Based on the daily GPS measurements from 130 - 150 selected stations, the images of spatial distribution TEC fluctuations (index ROTI) in CGC and MLT coordinates was formed. Similarly to the auroral oval, these images demonstrate the irregularity oval. The occurrence of the irregularity oval relates with auroral oval, cusp and polar cap. Analysis showed that the irregularity oval expands equatorward with increase of the magnetic activity. The equatorial border during November 5 was occurred about 60° N in midnight.

This investigation was supported by RFBR Grants №17-45-510341, № 19-05-00570 and partly Program №28 of the Presidium of RAS.

High-latitude geomagnetic response to the of abrupt IMF changes during the 22 July 2009 magnetic storm

L.I. Gromova¹, N.G. Kleimenova², S.V. Gromov¹, L.M. Malysheva²

¹*Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere, and Radio wave Propagation, Moscow, Troitsk, Russia*

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

The strongest magnetic storm has happened on 22 July 2009 in the deep minimum of the solar cycle activity. This storm was short, only about one day duration. In the storm main phase, the SymH value reached almost -100 nT at ~ 06 UT, after that, the IMF direction became northward, and the storm recovery phase started. But at about 07 UT, the IMF turned southward, that caused the beginning of the second step of this magnetic storm. Near the maximum of this stage, the strong irregularity in IMF appeared when the IMF By and Bz components simultaneously changed from

Geomagnetic storms and substorms

~+7 nT to ~-14 nT and from ~-15 nT to ~+5 nT correspondingly. In this paper we analyzed the global effects these abrupt IMF changes on the geomagnetic activity at the high-latitudes. The strong dayside magnetic bay occurred at the Scandinavian IMAGE magnetometer chain. As a rule, such dayside magnetic bays are observed under the absent of the night side substorm activity. However, in the considered event, the dayside polar magnetic bay was accompanied by the intense high-latitude disturbances observed not only in the night side, but in the global scale as well. We suppose that this dayside polar magnetic bay was not typical and was not associated with the local polar field aligned currents enhancement. Probably, it was caused by the development of the global complicated system of the ionospheric currents as a response to the abrupt IMF changes.

The variation of ionospheric plasma parameters in upper F-region during magnetic storm and substorm activities

V.L. Khalipov, V.V. Afonin, R.Yu. Lukyanova, I.B. Ievenko, A.E. Stepanov, G.A. Kotova, V.A. Panchenko

Complex optical and ionospheric measurements in the region of weak red arcs accompanying the development of a polarization jet are analyzed. Measurements were carried out at subauroral stations Yakutsk and Maimaga. The spatial position and intensity of the red arc was determined by a meridional scanning photometer. The temperature of the neutral atmosphere was recorded with a Fabry-Perot interferometer. The results show that the temperature of the neutral atmosphere increases in the red arc region, following the variations of the glow in the arc. By measuring the parameters of thermal plasma on the Aureul-3, DE-2, Cosmos-900, Intercosmos-24, Interball-2 satellites temperature variations of the electrons T_e in the ionosphere at different phases of magnetosphere disturbances are considered. By long-term satellite measurements in the upper F-region the effect of heating electrons up to 8000 K was detected when the Alfvén waves of the solar wind were acting on the Earth's magnetosphere.

Dayside polar magnetic disturbances during a magnetic storm: Event on 4-5 June 2011

N.G. Kleimenova¹, L.I. Gromova², I.V. Despirak³, S.V. Gromov², L.M. Malysheva¹

¹*Schmidt Institute of Physics of the Earth, Moscow, Russia*

²*Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere, and Radio wave Propagation, Moscow, Troitsk, Russia*

³*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*

The complicated event of dayside polar bay-like magnetic disturbances ("substorms") at geomagnetic latitudes higher 70° has been analyzed. The event was observed between two-steps of the small ($SymH \sim -50$ nT) magnetic storm on 4-5 June 2011, when the IMF B_y was positive. The MIRACLE model of the ionospheric equivalent currents classified this event as the eastward electrojet. We assume that the sign of this dayside polar disturbance was controlled by the sign of the IMF B_y . The considered magnetic storm was caused by the impacts of the sequence of the different types in the solar wind: Interplanetary shock (IS, i.e., SSC), SHEATH and following it magnetic cloud (MC), again SHEATH and following it EJECTA. The catalog of the large-scale solar wind phenomena (<ftp://ftp.iki.rssi.ru/omni/>) and OMNI data base have been used for determination of the solar wind types. We found that the most favorite conditions for the dayside polar perturbation excitation were created by the SHEATH passages, when the solar wind dynamic pressure significantly increased. It was shown that both SHEATHs were accompanied by occurrence of dayside polar disturbances. No similar dayside polar disturbances were observed during the MC and EJECTA. A possible interpretation is discussed basing on the multi-instrument observations including the geomagnetic field data from the IMAGE magnetometer chain and INTERMAGNET data set, the Field Aligned Current (FAC) distributions from the AMPERE set of 66 low-altitude commercial satellites measurements, the particle precipitations from DMSP-16 and 18 satellites and the energetic electrons and X-rays data from Goes 13 and 15. We suppose that these dayside polar magnetic disturbances are developed in the closed magnetosphere in the vicinity of the poleward border of the auroral oval.

Heliogeophysical factors that might induce errors in GPS operation during the NATO military maneuvers code-named "Trident Juncture" from 10/25/2018 to 7/11/2018

B.V. Kozelov¹, S.A. Chernouss¹, I.I. Shagimuratov², M.V. Filatov¹, I.I. Efishov², E.Yu. Tepenitsina², Yu.V. Fedorenko¹, A.N. Milichenko¹

¹*Polar Geophysical Institute, Murmansk-Apatity*

²*IZMIRAN, Kaliningrad*

The largest NATO maneuvers since the Cold War code-named Trident Juncture (United Trident) held in the Euro Arctic territory from October 25 to November 7, 2018. Soldiers from 32 Countries, including Ukrainians, Finns, and Swedes, as well as in the airspace of Sweden and Finland were participated in the maneuvers on the territory of Norway, in the Baltic Sea and North Atlantic. Disruptions of the Global Positioning System (GPS) work were marked during the exercises as various sources reported. In this work, we present what response these events found in the official press of Finland, Norway, Sweden and Russia, and why these disruptions caused by unpredicted natural heliogeophysical factors. The data obtained at the GPS network in the west Arctic and Sub Arctic from Ny-Alesund to Apatity and Kaliningrad were under consideration. Estimation of positioning deviations during United Trident Juncture was done.

THEMIS observations of bursty bulk flows in the near-Earth magnetosphere during substorm

T.V. Kozelova, B.V. Kozelov

Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia

It is well known that fast earthward plasma flows with positive B_Z play a significant role in the transport of plasma and magnetic flux in the near-Earth tail. A fast tailward flow with southward (negative) B_Z is widely regarded as a diagnostic signature of magnetic reconnection taking place on the earthward side of spacecraft. However, within 15 R_E of Earth, such tailward flows with southward B_Z are observed only in very rare cases. Compared to fast earthward flows, very limited attention has been paid to tailward flows with positive B_Z .

The present study examines tailward flow bursts with positive B_Z in the near-Earth plasma sheet using THEMIS measurements on Nov 14, 2014. Two satellites (THD and THE) were located in the ~00 MLT sector of the magnetosphere at 9-10.5 R_E . The beginning of the main bursty (with velocities 600-700 km/s) bulk flow (BBF) at this event was observed simultaneously by two satellites ~5 min before pseudobreakup and ~20 min before the substorm onset.

After the decay of BBF, the Earthward flows change the direction and weaker (200-300 km/s) flow bursts (FB) appear. We found that tailward flow bursts with positive B_Z are observed on the more tailward THD satellite. Fast earthward plasma flows occur on the more earthward THE. The details will discuss later.

07 December 2015 polar substorm: Pre-onset phenomena and features of auroral breakup

V.V. Safargaleev¹, A.E. Kozlovsky², V.N. Mitrofanov¹

¹*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*

²*Sodankylä Geophysical Observatory, Sodankylä, Finland*

The preliminary results of a comprehensive analysis of the polar substorm (the term proposed by *Kleimenova et al.*, 2012) are presented. Data of simultaneous optical observations at obs. Sodankylä, SOD (Finland) and obs. Barentsburg, BAB (Spitsbergen), satellites DMSP, WIND, THEMIS and GEOTAIL, as well as data from SuperDARN and ESR radars were used. Analysis of auroral situation in combination with DMSP particle precipitation data a few minutes before substorm onset shows that SOD was near the equatorial boundary of auroral oval whereas BAB was far away from its poleward boundary, inside the polar cap. Polar substorm started as a negative bay at the IMAGE network stations located near the presumable position of poleward boundary of the auroral oval. In the polar cap the beginning of the substorm was preceded by the enhancement of antisolar convection, as well as the appearance of density clouds (i.e. polar patches) in the ionosphere F-region, accompanied by a weak local increase in sky

Geomagnetic storms and substorms

luminosity. At the IMAGE stations located closer to the equatorial boundary of auroral oval, 15-minute oscillations of the H-component were recorded prior the onset. Oscillations were accompanied with an enhancement of auroral activity above the North Scandinavia. In the case under consideration, the typical for substorms fast poleward shift of auroras had a form of poleward progressing auroral structure resembling the auroral torch. Before the torch formation an intensification of a diffuse arc occurred in this region of the ionosphere. The flashing arc could initiate the expansion of auroras to the pole (Safargaleev *et al.*, 2005). The shape of the torch is close to the 2D-configuration of ionospheric equivalent currents. In the course of breakup development, the auroras at the pole edge of the auroral oval shifted poleward while the auroras at its equatorial boundary moved equatorward, giving the impression of a "swelling" magnetotail plasma sheet. It is assumed that a substorm could be triggered by a wave or resonant oscillations of the magnetosphere, resulting from interaction of the magnetosphere with the large scale irregularity, having the form of a quasi-sinusoidal variation in the Bz component of the IMF (period 15 minutes) recorded by the WIND and THEMIS about an hour before the breakup. Attention is also drawn to the possible connection between the weakening of the flux of energetic ions on the GEOTAIL (which is projected into the electrojet region) with the enhancement of the H-component at the equatorial stations in the night sector. Some of the results confirm the results obtained earlier by Safargaleev *et al.* (2018), some of the results are new. The study expands the statistics of the still little-studied phenomenon of the "polar substorm" that contributes to the progress in understanding its nature.

V. Safargaleev acknowledges support from the Academy of Finland via grant 316991.

Ion pressure at auroral precipitation boundaries and its association with solar wind dynamic pressure

O.I. Yagodkina¹, V.G. Vorobjev¹, E.E. Antonova^{2,3}

¹*Polar Geophysical Institute, Apatity, Murmansk Region, Russia*

²*Skobel'syn Institute of Nuclear Physics, Moscow State University, Moscow, Russia*

³*Space Research Institute Russian Academy of Science, Moscow, Russia*

More than 5000 passes of DMSP F7 spacecraft through the auroral zone in the 21:00-24:00 MLT sector of both hemispheres were used for examination of the ion pressure (P_{ion}) at auroral precipitation boundaries. Pressure values averaged for 5 seconds spacecraft observations of precipitating ions at poleward (B_{pol}) and equatorward (B_{eq}) boundaries of auroral oval precipitation (AOP) zone and their association with solar wind dynamic pressure were analyzed. It was discovered that during magnetic calm ($AL > -200$ nT) as well as during magnetic disturbances ion pressure at the AOP boundaries increase with increasing of solar wind dynamic pressure (P_{sw}). In the average during magnetic calm the ion pressure at B_{eq} and B_{pol} boundaries increased from 0.3 to 1.3 nPa and from 0.1 to 0.3 nPa, correspondingly, when P_{sw} changed from 1.0 to 7.0 nPa. Under the same P_{sw} changes the B_{eq} boundary shifted equatorward from about 68.0° CGL to 64.5° CGL. The result testifies the increasing of the pressure gradient in the inner magnetosphere under increased P_{sw} and the geomagnetic field becomes more dipole like.

Ion pressure changes at auroral boundaries during all phases of synthetic isolated substorm with the intensity about of -380 nT are shown. The average latitudinal profile of ion pressure in the region $\pm 1^\circ$ of B_{eq} at the time of substorm onset is defined. At the onset time the average ion pressure at B_{eq} was 0.85 ± 0.15 nPa and latitude of B_{eq} was $65.2^\circ \pm 0.6^\circ$ CGL.

Анализ развития магнитных бурь, инициированных различными структурами солнечного ветра

Л.А. Дремухина¹, Ю.И. Ермолаев², И.Г. Лодкина²

¹*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН, г. Москва, г. Троицк, Россия*

²*Институт космических исследований РАН, г. Москва, Россия*

В работе анализируются характеристики главных фаз магнитных бурь, индуцированных различными типами солнечного ветра (СВ), и их связь с электрическим полем СВ $E_y = -V \cdot B_z$. На основании каталога идентифицированных крупномасштабных типов СВ (<ftp://ftp.iki.rssi.ru/pub/omni/>) и базы данных OMNI за 1995-2016 гг. были отобраны 230 изолированных магнитных бурь и их межпланетные источники: выбросы

корональной массы ICME, включающие магнитные облака MC и поршни Ejecta, области компрессии Sheath перед ICME и области взаимодействия разно-скоростных потоков СВ CIR. Из-за небольшой статистики не проводилось разделение на Sheath перед MC и Sheath перед Ejecta, а также учет наличия или отсутствия ударной волны перед CIR. Проведенный корреляционный анализ показал, что минимальные значения индекса $Dst\text{-min}$ (максимальная интенсивность бури) тесно коррелируют (с коэффициентами корреляции > 0.6) со средними за период главной фазы значениями поля E_y для всех типов бурь, однако для Sheath- и CIR-индуцированных бурь эта связь наиболее сильная. Тесная корреляция между $Dst\text{-min}$ и интегралом E_y (за период главной фазы) характерна для CIR-, Sheath- и Ejecta-индуцированных бурь, в то время как для MC-событий она отсутствует (коэффициент корреляции < 0.5). Корреляционная связь между средней скоростью развития бури на главной фазе $|\Delta Dst|/\Delta T$ и средними значениями E_y сильна для бурь, вызванных CIR, Sheath и MC, но отсутствует (коэффициент корреляции < 0.5) для Ejecta-индуцированных бурь. Проведенный множественный корреляционный анализ, при котором в регрессионное уравнение кроме поля E_y входят значения параметра вариабельности межпланетного магнитного поля σB , дает значительно лучшие коэффициенты корреляции для CIR- и Sheath-событий (до значений > 0.8). Полученные результаты свидетельствуют о том, что развитие магнитной бури зависит от типа ее межпланетного источника.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект 19-02-00177а.

Наблюдение поляризационного джета на ионосферных станциях Якутск (L=3.4) и Москва (L=3)

В.А. Панченко¹, А.Е. Степанов², В.Л. Халипов³

¹ИЗМИРАН, г. Троицк, Москва

²ИКФИА СО РАН, г. Якутск; e-mail: a_e_stepanov@ikfia.ysn.ru

³ИКИ РАН, г. Москва, Россия; e-mail: kotova@iki.rssi.ru

Анализируются данные электронной концентрации и трехмерной картины ионосферных дрейфов по данным DPS-4 в Якутске и Москве. События с поляризационным джетом (ПД) в Якутске и Москве обычно относятся к разным суббурям в пределах одной большой бури. Для «трансляции по долготе» (т.е. типа "то же, что и в Якутске, только позже) слишком большое расстояние. Событий с ПД в Москве намного меньше, чем в Якутске. Кроме того, ПД в Москве наблюдается при DST около 100-200 нТ, и АЕ порядка 1500 и более, в то время как при таких DST и АЕ поляризационный джет имеет место быть уже южнее Якутска, поэтому сопоставлять их не представляется возможным. Тем не менее поляризационный джет может наблюдаться в Москве и даже в освещенной летней ионосфере. Несмотря на малую статистику ПД в Москве и то, что в Москве и Якутске события ПД обычно относятся к разным суббурям, установленные по наблюдениям в Якутске основные закономерности ПД подтверждаются и данными московского DPS-4. Имеется в виду, в первую очередь, двугорбая зависимость от времени вертикальной скорости плазмы.

Экстремальные величины геоиндуцированных токов в региональной энергосистеме

Я. Сахаров¹, В. Селиванов², В. Билин¹, В. Николаев³

¹ФГБНУ «Полярный геофизический институт», г. Апатиты; e-mail: sakharov@pgia.ru

²Кольский научный центр РАН, Россия

³Филиал МАГУ, г. Апатиты, Россия

Более десяти лет нами ведется непрерывная регистрация геоиндуцированных токов (ГИТ) на подстанциях магистральных электрических сетей на Северо-Западе России. Анализ амплитудных значений ГИТ в узлах энергосистемы позволяет на фоне относительно гладких закономерностей выделить случаи с максимальными амплитудами токов, экстремальные события. С точки зрения обеспечения стабильной работы электрической сети именно эти, экстремальные события, могут оказаться наиболее опасными.

В докладе рассмотрены случаи развития геоиндуцированных токов максимальных амплитуд в узлах магистральной линии электропередачи «Северный транзит» при различных геомагнитных возмущениях. Обсуждается связь событий ГИТ с условиями, влияющими на генерацию токов в энергосистеме, а именно

Geomagnetic storms and substorms

величиной геомагнитного возмущения, скоростью изменения горизонтальной компоненты геомагнитного поля, параметрами и расположением линий электропередачи.

Работа выполнена при частичной поддержке Российским фондом фундаментальных исследований, проект р-а № 17-48-510199.

Новая методика среднесрочного прогноза магнитных бурь по данным измерений вариаций солнечного ветра в точке Лагранжа L_1

О.В. Хабарова¹, Т.Г. Когай², О.В. Мингалев²

¹*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН, г. Москва, г. Троицк, Россия; e-mail: olik3110@gmail.com*

²*ФГБНУ “Полярный геофизический институт”, г. Анатиты; e-mail: mingalev_o@pgia.ru*

Предложена новая методика среднесрочного прогноза магнитных бурь, являющаяся дальнейшим развитием прогноза магнитных бурь, базирующегося на изучении плазменных вариаций солнечного ветра в ULF диапазоне (Хабарова, Руденчик, 2003; Khabarova, 2007). За основу прогноза берётся эффект повышения вариабельности плотности и магнитного поля солнечного ветра перед приходом геоэффективных потоков. Новая методика позволяет прогнозировать развитие магнитных бурь различной природы как с внезапным, так и с плавным началом не менее чем за 12 часов по данным измерений параметров плазмы и магнитного поля солнечного ветра космическими аппаратами в точке Лагранжа L_1 .

Помимо вариаций плотности и магнитного поля, отраженных в вычислении производной концентрации по времени и суммы квадратов амплитуд вейвлет-гармоник с периодами 10-100 минут, расчет прогностической точки оповещения о буре (алерта) производится по плазменному параметру β (отношению давления плазмы к магнитному давлению) и потоку энергичных частиц в диапазоне энергий от сотен кэВ до 5 МэВ.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 17-02-01328 и 17-01-00100.

Reflection of particles from the surface of the Moon due to remanent crust magnetization

R. Belyaev, A. Divin, V. Semenov, I. Zaytsev (*Institute of Physics, University of St-Petersburg, St-Petersburg, Russia*)

The type of interaction of a dipole with the solar wind depends strongly on the magnetic dipole magnitude. If the solar wind stopping distance (a point where dynamic pressure equals that of magnetic pressure) is comparable or smaller than e.g. ion inertial length, the resulting interaction is controlled by kinetic effects. Hence inspecting ion and electrons separately is the must to resolve the underlying physics. Of particular interest are Hall-scale minimagnetospheres which are small enough to render ions demagnetized but retain froze-in electrons. In such a regime, the normal Hall electric field establishes which reflects and scatters non-adiabatically incident ions. Such formations albeit highly non-dipolar were found on the surface of the Moon, where the remanent crust magnetization (areas of the first hundreds of kilometers and B fields up to 100-500nT) is strong enough to withstand the stress of the solar wind. 3D PIC kinetic simulations were employed to study kinetic physics for dipolar and non-dipolar obstacles [Deca *et al.*, 2016, 2018].

Direct measurements of particle fluxes from the Chandrayaan-1 spacecraft over magnetic anomalies have confirmed the existence of re-deflected/scattered particles [Lue, 2011]. We present the study of the $|B|$ field and reflected particle flux correlations measured at low Lunar orbits (30-100 km). Using the $|B|$ field data from the Tsunakawa model [2015], and the reflected flux data from Lue [2011], we found a surprisingly good correspondence between these two. The particle flux has a power law dependence for $20 \text{ nT} < |B| < 120 \text{ nT}$. In the small value limit (less than 30 nT) the reflected flux ($\sim 0.01\%$) is nearly independent of $|B|$ since it contains particles scattered off the soil and not by magnetic anomalies. For the opposite case of strong fields, the reflection coefficient saturates at $\sim 10\%$ for the largest magnetic anomalies, in agreement with past studies.

Kinetic simulations of solar wind interaction with comets

A. Divin¹, J. Deca², V. Olshevsky³, V. Semenov¹, I. Zaytsev¹

¹*Institute of Physics, University of St-Petersburg, St-Petersburg, Russia*

²*LASP, University of Colorado Boulder, 3665 Discovery Drive, Boulder, CO 80303, USA*

³*KTH Royal Institute of Technology, Stockholm 100 44, Sweden*

In this presentation we utilize 3D PIC (Particle-in-Cell) approach to simulate kinetic interaction of a weak cometary atmosphere with the solar wind. Conditions are taken similar to that of 67P/Churyumov–Gerasimenko at ~ 3 AU before the comet transitions into its high-activity phase. Photoionization of the expanding ion cloud loads heavy cold ions and warm (several tens eV) electrons. Particle dynamics of both cometary (water) ions and electrons, produced by the ionization of the outgassing cometary atmosphere, is simulated self-consistently together with the upstream solar wind plasma flow. We consider two primary cases: a weak outgassing comet (with the peak ion density $\sim 10x$ the solar wind density) and a moderately outgassing comet (with the peak ion density $\sim 50x$ the solar wind density). The weak comet is characterised by formation of a narrow region containing a compressed solar wind (the density of the solar wind ion population is $\sim 3x$ the value far upstream of the comet) and a magnetic barrier ($\sim 2x$ the interplanetary magnetic field). Cometary electrons substitute solar wind one, leading to anisotropisation of the electron distribution function and formation of the parallel electrostatic potential in the cometary wake. A moderately outgassing comet produces more dynamics at the dayside region. Stagnation of the solar wind flow is accompanied by the draping of the solar wind and magnetic pile-up formation producing a sharp boundary between the solar wind dominated region and cometary coma which is unstable to Kelvin-Helmholtz-like vortices. Our kinetic model proves that even weakly outgassing comets (without a noticeable optical coma) provide highly dynamic plasma environments.

Observations of the aurorae and SAR arc dynamics using the all-sky imagers during the substorm expansion

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

Stable auroral red (SAR) arcs are the consequence of the interaction of ring current energetic ions with the plasmopause. It is believed that SAR arcs are observed during magnetic storms, which are determined by a variation of Dst geomagnetic index. Our studies of subauroral luminosity at the Yakutsk meridian showed that SAR arcs appear and/or brighten during the substorm expansion phase as a result of rapid penetration of energetic ions of the

Fields, currents, particles in the magnetosphere

asymmetric ring current into the outer plasmasphere (Ievenko *et al.*, 2008). The asymmetric ring current arises as a result of substorm injection of energetic particles. The injection occurs in a limited longitudinal sector of the night magnetosphere and is mapped in aurorae in the form of auroral bulge.

This work presents the results of simultaneous observations with the all-sky imagers of dynamics of the aurora at the Zhigansk station (62°N, 196°E, geom.) and formation of SAR arc at the Maymaga subauroral station (58°N, 202°E; geom.). In the event on February 15, 2018 during the substorm expansion phase the auroral bulge expands from the evening to midnight MLT sector. At the same time the SAR arc is formed (brightens) in the vicinity of the equatorward boundary of diffuse aurora also eastward direction after the MLT midnight. We assume that in this event the SAR arc maps the overlap dynamics of energetic ions flux with the plasmopause as a result of the extension of substorm injection region and also of the electric drift of energetic plasma towards the east.

The research is partial supported by RFBR grants No 18-45-140037 p_a.

Observations of the aurorae and SAR arc dynamics using the all-sky imagers during the convection enhancement

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

It is considered that stable auroral red (SAR) arc are observed during the recovery phase of magnetic storms when there is an overlap of ring current energetic ions with the plasmopause. At the same time, numerous observations show that SAR arcs are often observed at the beginning of the storm main phase (Shiokawa *et al.*, 2013; Mendilo *et al.*, 2016). Our studies of subauroral luminosity at the Yakutsk meridian showed that SAR arcs arise and / or brighten during the substorm expansion phase as a result of rapid penetration of energetic ions of the asymmetric ring current into the outer plasmasphere (Ievenko *et al.*, 2008). Moreover, we sometimes observe the appearance of SAR arcs during the enhancement of magnetospheric convection without signs of substorms and stormtime.

In this work we present the results of simultaneous observations with the all-sky imagers (ASI) at the Zhigansk (62°N, 196°E, Geom.) and Maimaga (58°N, 202°E; Geom.) stations for the event of occurrence of SAR arc during the convection enhancement on March 15, 2018. The increased convection after the southward IMF Bz turning causes activation and equatorward motion of the discrete and diffuse aurorae. The ASI at the Maimaga station registers the formation of SAR arc in the 630.0 nm emission in the vicinity of the equatorward boundary of diffuse aurora simultaneously in the midnight interval of ~ 3 MLT hours. It is assumed that in this event the SAR arc maps the overlap of the plasmopause by the energetic ions flux in the MLT midnight sector. The flux of ions and electrons arises as a result of radial motion to the inner magnetosphere in the convection electric field.

The research is partial supported by RFBR grants No 18-45-140037 p_a.

The investigation of amplitude-phase characteristics of fictitious magnetic currents, excited by the controlled source of electromagnetic fields in three-dimensional inhomogeneous media, based on the results of experimental studies by radiographic method

V.A. Lubchich (*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*)

The application of the radiographic method allows to effectively visualize the location of anomalous areas with high electrical conductivity, which can be associated with local ore bodies, by using areal surface observations of magnetic components of the harmonic electromagnetic field from the controlled source. The visualization of distribution of heterogeneities in the earth's crust by using the radioholographic method can be considered as a special case of the inverse scattering problem. During measurements of electromagnetic fields at observation points the superposition of two fields is recorded. One is the primary field from the controlled source, which, in holographic terms, can be treated as a reference wave. The other is secondary anomalous field caused by geoelectric heterogeneities in the earth's crust, which can be referred to as object waves. There is the integral equation that relates the holographic reconstruction of the magnetic field of H_H with unknown distribution of the density of fictitious magnetic currents j_m , which are sources of anomalous fields. The system of linear equations with respect to unknown values j_m at grid nodes is obtained after grid approximation of the integral equation. The definition of these values is the solution of the inverse scattering problem. In 2017-18 field experimental works were conducted by using the two-frequency radioholographic method for localization of ore zones in the earth's crust within the Monchegorsk and Pechenga ore regions of the Kola Peninsula. In the case of inductive excitation of electromagnetic fields in the earth's crust, when the horizontal ungrounded loop is used as the emitting antenna of controlled source, the induced eddy currents are predominantly

subhorizontal. Due to this, the vertical component of the fictitious magnetic current density j_{mz} is the most informative. According to the results of experimental studies, it was found that anomalous areas with high electrical conductivity corresponding to the location of ore zones were distinguished both by the maxima of amplitudes of the vertical component of the magnetic current density j_{mz} , and by sharp jumps of phases, up to 180° . It was also noted that anomalous zones with increased values of amplitudes of horizontal components of magnetic current density j_{mr} have near-surface character. Due to this, it can be assumed that such anomalous zones are caused by tectonic faults, which are extremely widespread in ore regions of the Kola Peninsula. However, phase characteristics of horizontal components of the magnetic current density are more sensitive to deep anomalies of the electrical conductivity of the earth's crust. Sharp jumps of phases, up to 180° , are observed at about the same depth as for the vertical component of the magnetic current density. Thus, the complex analysis of amplitude-phase characteristics of various components of the function of sources of anomalous electromagnetic fields j_m allows to determine the most complete picture of the distribution of geoelectric heterogeneities in the earth's crust and to select those anomalous areas that are promising for the detection of local ore bodies.

The study is executed at financial support of RFBR and the government of the Murmansk region (project No. 17-45-510956).

Spatial structure of night-side magnetopause: Simultaneous observations of ARTEMIS and MMS missions

A.S. Lukin^{1,2}, A.V. Artemyev^{1,3}, E.V. Panov⁵, A.A. Petrukovich¹, E.V. Yushkov^{1,4}

¹*Space Research Institute of Russian Academy of Sciences, dep. 54, Moscow, Russian Federation*

²*Faculty of Physics, National Research University, Higher School of Economics, Moscow, Russia*

³*University of California, Los Angeles, California, USA*

⁴*Department of Physics, Moscow State University, Moscow, Russia*

⁵*Space Research Institute of Austrian Academy of Sciences, Austria, Graz*

We analyze several intervals of data collected simultaneously (during one orbital period) by four MMS and two ARTEMIS probes to find out features and differences in magnetopause structure on different radial distances from the Earth. Using single spacecraft methods, we show that gradients of magnetic field and plasma characteristics (ion temperature, plasma density and ion bulk velocity) can have different scales on the orbits of MMS and ARTEMIS satellites and its absolute values more often larger on the Lunar distance.

Analysis of the Jovian magnetosphere structure using Paraboloid model according to Galileo data

A.S. Lavrukhin, D.A. Parunakian, I.I. Alexeev

Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Jovian magnetosphere is the largest magnetosphere in the Solar system. Its main feature is the presence of large-scale current carrying structure – magnetodisk, which enlarges the size of the magnetosphere by almost two times. Based on data from the Galileo spacecraft, which completed 35 flybys of Jupiter in 1995–2003, we study the structure of its current disk, the system of field-aligned currents, and the features of its own internal magnetic field using the Paraboloid model of Jupiter's magnetosphere.

On a switch-off slow shock existence in collisionless plasma: Particle-cell-simulation

I.P. Paramonik, I.V. Zaitsev, A.V. Divin, V.S. Semenov (*Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia*)

Petschek-type switch-off slow shocks have been considered as a main mechanism of magnetic energy conversion into kinetic and thermal energy of plasma in MHD approximation during several decades. However, despite significant advances in collisionless reconnection physics, there are no convincing proofs that slow mode shocks exist and/or stable in fully kinetic plasma. Phenomena like magnetic reconnection produce beams and pressure anisotropies with relation to magnetic field, which are known to modify MHD shock wave evolutionary conditions. In this study we

Fields, currents, particles in the magnetosphere

aim at simulating unsteady 1D kinetic dynamics using PIC code which produces shock-like structures most closely resembling the classical slow mode shocks. We performed a set of 1D simulations with different setups (which are known to generate such shocks in the MHD approximation): (1) a flow-flow method starts from two colliding jets producing fast and shock wave trains at later stages of the evolution; (2) a jet collides with a solid wall in the so-called “piston” method; (3) tangential discontinuity decay in the presence of a weak normal magnetic field. Our study shows that the slow shock-like structures indeed persist in kinetic simulations. Such shocks are intricately attached to kinetic instabilities excited at the shock front, which it turns depends on the B field direction.

Occurrence rate and intensity of energetic proton precipitation equatorward of the isotropic boundary: Dependence on geomagnetic activity

N.V. Semenova¹, A.G. Yahnin¹, T.A. Yahnina¹, A.G. Demekhov^{1,2}

¹*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*

²*Institute of Applied Physics of RAS, Nizhny Novgorod, Russia*

Using NOAA POES observations of energetic protons, we investigated statistical properties of localized precipitation of energetic protons (LPEP) equatorward of the isotropy boundary. More than 41000 crossings of the sub-auroral region covering all MLTs were analyzed. The global distribution of the LPEP occurrence rate was constructed. The maximum of the occurrence was found in the day-afternoon sector at $L > 6-7$. The distribution is very similar to that obtained for EMIC waves on the basis of data of different spacecraft missions. This similarity statistically confirms the suggestion that LPEP as the result of the ion-cyclotron instability (ICI) in the magnetosphere. The global distribution of the proton flux intensity is investigated as well. The precipitating flux maximizes at $L=4-5$, that is not coincide with the occurrence rate maximum. The large statistics enabled us to investigate the dependence of the LPEL occurrence and intensity on the geomagnetic activity indices, magnetic storm phases, and solar wind parameters. The obtained dependencies demonstrate some new features of the ICI development under different conditions. In particular, the decrease of the LPEP maximal occurrence rate on the dayside under highest level of geomagnetic activity was noted. We explain this fact by flattening of the night side radial gradient of proton flux during strong disturbances and its effect on the transverse anisotropy of protons on the day side.

Remote sensing of magnetotail current sheet: Solar particle events

V.A. Sergeev (*St. Petersburg State University; St. Petersburg, Russia*)

Strong solar electron events provide the high flux of energetic electron-tracers to X-ray the magnetotail current sheet structure and its variations. We used non-adiabatic particle scattering in the tail current sheet observed from polar orbiting POES satellites to reveal magnetotail topology changes during various types of activity.

(1) For the substorm growth phase we were able to show an isolated substorm in which latitudinally-localized region of anisotropic 30 keV electron loss cone embedded in the isotropic solar electron precipitation was persistently observed, suggesting a persistent ridge-type BZ/j maximum in the equatorial plasma sheet at distances 15-20 R_E . We discuss unfrequent observation of such events taking into account recent results of global MHD simulations.

(2) In the course of 10 hours of strong, steady solar wind driving following initial 3-4 hrs long period of large-scale substorm-related reconfigurations and plasma injections, the near-Earth magnetic configuration evolved into a non-standard type which lasted for 5 hrs until the end of this steady convection (SMC) event. During that time a dipolarized region with complicated Bz landscape persisted in the midtail while the configuration was very stretched in the near tail. This was manifested as a highly depressed magnetic Bz component at geostationary orbit and as persistent non-adiabatic electron scattering at the periphery of the outer radiation belt. In addition, in situ observations suggest that a thin current sheet extended longitudinally toward the dawn terminator. In the return convection region near the terminator, observations of this azimuthal current sheet were sporadically interrupted/modulated by earthward-convecting plasma structures, either remnants of reconnection-produced plasma bubbles or flapping waves. The hybrid magnetotail configuration (dipolar in the mid-tail and stretched in the near tail) observed during this long-duration SMC event poses a challenge for empirical magnetospheric modeling.

Sub-ion magnetic holes: In-situ observations and possible connection to optical data

P.I. Shustov^{1,2}, Y. Nishimura^{3,4}, A.V. Artemyev^{5,1}, X.-J. Zhang⁵

¹*Space Research Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

²*Department of Physics, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

³*Department of Electrical and Computer Engineering and Center for Space Sciences, Boston University, Boston, MA, USA*

⁴*Department of Atmospheric and Oceanic Sciences, University of California, Los-Angeles, CA, USA*

⁵*Institute of Geophysics and Planetary Physics, University of California, Los-Angeles, USA*

Recent in-situ spacecraft observations in the dipolarized magnetotail have revealed abundance of sub-ion scale (~ 100 km) magnetic holes. Such holes are local electron vortices supporting magnetic field depletion and plasma pressure enhancement. In this presentation we discuss main properties of these holes, including direction of hole drift motion. Because, pressure gradients supported by magnetic holes can be a source of field-aligned currents, it would be reasonable to consider these small-scale pressure gradients as a possible source of small-scale aurora structures. We discuss one event of THEMIS spacecraft in-situ observations of sub-ion holes and conjugated observations of small-scale aurora structures by all-sky cameras. Comparison of spatial scales shows that we likely deal with the same structures captured by THEMIS and detected by cameras.

Cold ion heating during magnetic reconnection

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

Cold ion dynamic in antiparallel reconnection case appropriate to magnetotail is studied by means of 2D PIC simulation and test-particle simulation. In particular, we investigate acceleration mechanism of cold ions related to separatrix Hall electric field produced by fast-streaming electron jet. On distant separatrices where the reconnection electric field is absent, cold ions are involved in the drift motion, suppressing the Hall term. Particle energization at the reconnection exhaust boundaries is carried out with superposition of the strong localised Hall electric field and homogeneous electric field of reconnection. In a such configuration magnetic moment pumping is produced with following effective thermalization of previously cold population. We found that the ratio of ion gyroradius to electric field gradient scale control the resulting energy gain. Thereby, cold ions preaccelerate in perpendicular to magnetic field direction before they start of thermal motion while the hot ions scatter under dependence on phase of gyrorotation.

Relativistic electron precipitation revealed from POES observations: Dependence on geomagnetic activity

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

Polar Geophysical Institute, Apatity; e-mail: tyahmina@gmail.com

To investigate relativistic electron precipitation (REP) events, we considered the data from a set of NOAA Polar Orbiting Environmental Satellites (POES) during three half-year intervals. The intervals (July-December 2005, July-December 2009, and July-December 2011) are characterized by relatively strong, weak, and moderate geomagnetic disturbances, respectively. On whole, more than 1500 REP events were found. (Note that POES are able to reveal only so called precipitation bands, not microbursts.) We demonstrate that the events tend to occur during enhancements in geomagnetic activity characterized by the AE-index. This means that geomagnetic activity is related to processes which scatter the electrons into the loss cone. Before the REP event the enhanced geomagnetic activity is typically observed during several days, suggesting that this preceding geomagnetic activity creates the conditions for acceleration processes in the magnetosphere. Global maps of the REP occurrence rate are constructed for different levels of geomagnetic activity. The maps show that independently on the REP type the probability to observe REP increases with the growth of geomagnetic activity. As to intensity of the precipitating electron flux, it does not show clear dependence on the current geomagnetic activity. However, the mean value of the flux for a time interval correlates with mean values of the activity indices.

Current sheet model for the Earth magnetopause with strong plasma flows

E.V. Yushkov, A.V. Artemyev, A.A. Petrukovich

Space Research Institute of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

Dayside and flank magnetopause can be characterized by strong gradients of plasma solar wind flows. We develop here thin current sheet model, suggested in 2010 by *Nickeler&Wiegelmann* for flow gradients perpendicular to separatrices. We consider cases with flows which are not parallel to magnetic field lines, because such cases look more realistic for the Earth magnetopause. We study influence of these flows towards stationary current sheets in quasi 2D-equilibria, using theory of ideal MHD. We obtain analytical solutions and compare them with spacecraft data collected by THEMIS mission. We show relations between induced currents and Alfen Mach number / plasma flow inclination. We discuss the restrictions of our model connected with MHD approach, plasma incompressibility, 2D-symmetry and suggest further extension of magnetopause CS models with solar wind plasma flows.

The work is supported by RFBR grant number 18-02-00218.

Параметры каппа распределений ионов в экваториальной плоскости на геоцентрических расстояниях менее $15 R_E$ и проецирование аврорального овала на экваториальную плоскость

И.П. Кирпичев¹, Е.Е. Антонова^{2,1}, В.Г. Воробьев³, О.И. Ягодкина³, И.Л. Овчинников², М.С. Пулинец², С.С. Знаткова², Н.В. Сотников⁴, С.К. Мить², П.С. Казарян⁴

¹*Институт Космических Исследований РАН*

²*НИИ ядерной физики имени Д.В. Скобелыцына МГУ имени М.В. Ломоносова*

³*ФГБНУ "Полярный геофизический институт", г. Апатиты*

⁴*Физический факультет МГУ*

Уточнение проецирования границ аврорального овала на экваториальную плоскость методом морфологического проецирования требует определения распределения давления ионов на малых высотах и в экваториальной плоскости с учетом вклада частиц с энергиями, значительно превышающими тепловые. Функции распределения частиц в бесстолкновительной магнитосферной плазме хорошо аппроксимируются каппа-распределениями. Каппа-распределения имеют максвелловские ядра и степенные хвосты, что позволяет добавить к обычным гидродинамическим характеристикам концентрации и температуры третий параметр – величину k , характеризующую показатель спектра на энергиях, значительно превышающих тепловые. Анализ результатов наблюдений пятиспутниковой миссии THEMIS позволил получить усредненные распределения параметров каппа-аппроксимаций ионов в экваториальной плоскости на геоцентрических расстояниях от 7 до 15 радиусов Земли. Проведен анализ радиальной и MLT зависимостей полученного распределения.

Работа поддержана грантом РФФИ 18-05-00362.

Стационарная модель пространственно 2-мерного тонкого токового слоя с нормальной компонентой магнитного поля с кинетическим описанием замагниченных электронов

О.В. Мингалев¹, И.В. Мингалев¹, Х.В. Малова^{2,3}, Л.М. Зеленый³

¹*ФГБНУ "Полярный геофизический институт", г. Апатиты; e-mail: mingalev_o@pgia.ru*

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

³*Институт космических исследований РАН, г. Москва*

Для стационарных пространственно двумерных тонких токовых слоев (ТТС) в бесстолкновительной космической плазме, аналогичных по своим свойствам токовому слою ближнего хвоста магнитосферы на предварительной фазе суббури, в которых магнитное поле ортогонально току и имеет ненулевую нормальную компоненту, электроны замагничены, а ионы не замагничены, решена теоретическая проблема кинетического описания электронов. В результате для токовых слоев указанного типа создана теория, которая позволяет

рассматривать полностью пространственно двумерные численные модели ТТС, вложенные в реалистичную конфигурацию магнитного поля и плазмы ближнего хвоста магнитосферы.

В предложенной теории для описания образующих ТТС падающих вдоль силовых линий магнитного поля потоков протонов используется уравнение Власова, а для описания замагниченных электронов применяется уравнение Власова в дрейфовом приближении.

Показано, что в рассматриваемой пространственно 2-мерной стационарной постановке в ТС фазовые траектории электронов делятся на пролетные и захваченные, а их функция распределения ведущих центров имеет вид функции от трех интегралов дрейфовой системы уравнений движения в 0-м приближении: магнитного момента, полной энергии (гамильтониана) и единственной компоненты векторного потенциала магнитного поля. Для определения этой функции распределения необходимо задать две «входные» функции от трех указанных интегралов: первая описывает электроны на пролетных фазовых траекториях, которые пересекают ТС, а вторая описывает электроны на захваченных фазовых траекториях внутри слоя.

В результате получается, что эти две «входные» функции от трех указанных выше интегралов полностью определяют функцию распределения ведущих центров электронов. При этом для концентрации и плотности тока электронов получаются интегральные выражения, которые зависят от этих двух функций, а также от магнитного поля. То есть вклад электронов в магнитное и электрическое поле описывается аналитически через эти две «входные» функции. Это приводит к нелинейному эллиптическому уравнению 2-го порядка относительно единственной компоненты векторного потенциала. Численное решение краевой задачи для этого уравнения позволяет найти стационарную конфигурацию ТТС.

Устанавливается, что при данном наборе внешних входных параметров возможна не единственная, а вообще говоря, бесконечное число стационарных конфигураций ТТС в зависимости от вида функции распределения электронов на захваченных фазовых траекториях внутри слоя, важная роль которой выявлена здесь впервые. Детально исследован важный частный случай распределения Максвелла-Больцмана для электронов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 17-01-00100.

Корректное кинетическое и газодинамическое описание замагниченной бесстолкновительной плазмы с учетом продольного силового равновесия электронов

О.В. Мингалев¹, И.В. Мингалев¹, Х.В. Малова^{2,3}, А.М. Мерзлый³, В.С. Мингалев¹, О.В. Хабарова⁴

¹ФГБНУ «Полярный геофизический институт», г. Анапты; e-mail: mingalev_o@pgia.ru

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

³Институт космических исследований РАН, г. Москва

⁴Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН, г. Москва, г. Троицк, Россия

Показано, что система уравнений 1-жидкостной МГД корректно описывает только процессы в слабо неоднородной плазме, например, различные магнитогидродинамические волны, но не описывает процессы с сильной пространственной неоднородностью. Эта система является аналогом приближения акустики в газовой динамике. Предложено ее обобщение, которое дает корректное описание замагниченной плазмы в случае наличия сильной пространственной неоднородности, и для описания каждой компоненты плазмы использует систему уравнений Чу-Гольдбергера-Лоу.

В работе выводится система уравнений для определения магнитного и электрического полей в замагниченной бесстолкновительной плазме. Эта система замыкает как систему уравнений Власова в дрейфовом приближении, так и систему многокомпонентной магнитной газовой динамики, состоящую для каждой компоненты плазмы из системы уравнений Чу-Гольдбергера-Лоу. Полученная система уравнений для полей имеет эллиптический тип, не содержит частных производных по времени и определяет поля в области моделирования в приближении мгновенного дальнего действия по текущему распределению гидродинамических переменных каждой компоненты плазмы и граничным условиям с учетом силового равновесия электронов вдоль линий магнитного поля. В этой системе уравнений магнитное поле определяется уравнением Гаусса и уравнением Ампера, в котором плотность тока представлена по формуле дрейфовой теории как функция от магнитного поля, полной плотности продольного тока, а также полных продольного и поперечного давлений плазмы. Для соленоидальной части электрического поля выводится векторное уравнение Пуассона, в правой части которого стоит частная производная полного тока по времени, которая через обобщенный закон Ома представлена как функция от магнитного поля и гидродинамических переменных каждой компоненты плазмы. Потенциальная часть электрического поля определяется из условия силового равновесия электронов вдоль линий магнитного поля. Разработана схема итерационного процесса

Fields, currents, particles in the magnetosphere

для численного интегрирования как системы уравнений Власова в дрейфовом приближении, так и системы многокомпонентной магнитной газовой динамики вместе с полученными уравнениями для полей.

Работа О.В., И.В. и В.С. Мингалевых выполнена при поддержке гранта РФФИ 17-01-00100.

Зависимость стационарных конфигураций тонкого токового слоя с постоянной нормальной компонентой магнитного поля от скорости образующих слой потоков протонов

О.В. Мингалев¹, И.В. Мингалев¹, Х.В. Малова^{2,3}, М.Н. Мельник¹, П.В. Сецко¹, Т.Г. Когай¹, Л.М. Зеленый³

¹ФГБНУ "Полярный геофизический институт", г. Апатиты; e-mail: mingalev_o@pgia.ru

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

³Институт космических исследований РАН, г. Москва

Рассматривается стационарный пространственно 1-мерный тонкий токовый слой (ТТС) в бесстолкновительной космической плазме, аналогичный по своим свойствам токовому слою ближнего хвоста магнитосферы на предварительной фазе суббури, в котором магнитное поле ортогонально току и имеет ненулевую нормальную компоненту, электроны замагничены, а ионы не замагничены. Применяется численная модель, в которой для описания образующих ТТС падающих вдоль силовых линий магнитного поля потоков протонов используется уравнение Власова, которое решается численно, а для описания замагниченных электронов применяется уравнение Власова в дрейфовом приближении, для которого получено точное решение в форме распределения Максвелла-Больцмана в стационарном электромагнитном поле.

Для численного решения стационарного уравнения Власова применен новый разработанный авторами метод, в котором для аппроксимации функции распределения используется фиксированная регулярная сетка в координатном пространстве и подвижная регулярная сетка в пространстве скоростей с фиксированным размером и шагом, с центром в локальной гидродинамической скорости, и с возможностью ориентации ее осей по магнитному полю. Этот прием позволяет отслеживать носитель функции распределения в пространстве скоростей при помощи сетки минимального размера. По сравнению с методом частиц новый метод дает намного более точную аппроксимацию функции распределения и граничных условий. Новый метод удобен для построения эффективных параллельных алгоритмов с выполнением основной части вычислений на графических процессорах, и позволяет создавать численные модели крупномасштабных процессов в бесстолкновительной космической плазме, заведомо недоступные для моделирования методом частиц.

На основе этого метода для пространственно одномерной модели ТТС с распределением Максвелла-Больцмана для электронов создан набор программ с расчетом траекторий протонов на графических процессорах, с помощью которого получен ряд конфигураций тонкого токового слоя в симметричной постановке и исследованы электростатические эффекты, роль анизотропии давления электронов, роль гидродинамической скорости образующих слой потоков ионов, а также точность выполнения уравнения силового баланса для протонов.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 17-01-00100.

The study of the singularities the ULF signal propagation in the atmosphere of high latitudes under various heliogeophysical conditions

O.I. Akhmetov, I.V. Mingalev, O.V. Mingalev, Z.V. Suvorova, V.B. Belakhovsky, S.M. Chernyakov

Polar Geophysical Institute, Apatity- Murmansk, Russia

The numerical experiment results of ULF signal propagation in a high-latitude earth-ionosphere waveguide under various heliogeophysical conditions are discussed in this work. Based on the simulation of the 1500 Hz harmonic signal propagation in a realistic high-latitude ionosphere, the features of the effect of electron density inhomogeneities depending on their size relative to the wavelength are shown. An analysis of the characteristics of ULF signal was carried out to identify those that could later be used to monitor the state of the ionosphere.

The conjugate observations of QP emissions on ERG satellite and Lovozero station

V.B. Belakhovsky¹, K. Shiokawa², A. Matsuoka^{3,4}, Y. Kasahara⁵, I. Shinohara^{3,4}, Y. Miyoshi²

¹*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*

²*Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya, Japan*

³*Institute of Space and Astronautical Science, Japan*

⁴*Japan Aerospace Exploration Agency, Japan*

⁵*Kanazawa University, Japan*

In this work the simultaneous QP emission registered on ERG (Exploration of energization and Radiation in Geospace) satellite and Lovozero station (Kola Peninsula) of Polar Geophysical Institute are investigated. We select only those events when the ERG satellite and Lovozero station was geomagnetically conjugate. There are two types of QP emissions: the type1 of QP emissions is accompanied by the simultaneous ground geomagnetic pulsations with the same frequency, the type2 of QP emissions is not accompanied. But small-scale geomagnetic pulsations do not propagate to the ground due to damping in the ionosphere. So, these small-scale geomagnetic pulsations can also produce QP emissions. In this work we consider one of such cases to deeply investigate the physical nature of QP emissions.

The simultaneous OP emission on the ground and in space was observed during about 70 minutes in the evening sector of MLT. It was recovery phase of the small geomagnetic storm. There is very high correlation between QP elements on the ground and in space. The QP emissions was registered in a frequency range 1-2 kHz, the period of QP emissions was approximately 40 seconds. Inside the QP emissions the higher frequency fine structures were observed, the physical nature of this fine structure is not well understood. It is interesting that according to the ERG satellite data QP emissions are observed only in electric field, in magnetic field QP emissions are not observed.

It is found that QP emissions are not accompanied by the geomagnetic pulsations with the same period on the ground-based magnetometers. But according to the magnetometer data of ERG satellite with using spectral analysis it is identified the frequency very close to the frequency of QP emissions. The appearance of these QP emissions can be associated with the small-scale Pc3 pulsations which seen in space and does not seen on the ground due to its damping in the ionosphere. So these QP emissions should be attributed to the QP1 class. Thus, even if we don't see geomagnetic pulsations on the ground it does not necessarily indicate that this is QP2 class of QP emissions.

The study of the generation mechanism of monochromatic Pc4 pulsations with using ERG satellite data

V.B. Belakhovsky¹, K. Shiokawa², A. Matsuoka^{3,4}, S.-Y. Wang⁵, Y. Kazama⁵, S. Tam⁶, S. Kasahara⁷, S. Yokota⁸, K. Keika⁷, T. Hori², I. Shinohara^{3,4}, Y. Miyoshi²

¹*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*

²*Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya, Japan*

³*Institute of Space and Astronautical Science, Japan*

⁴*Japan Aerospace Exploration Agency, Japan*

⁵*Academia Sinica Institute of Astronomy and Astrophysics, Taiwan*

Waves, wave-particle interaction

⁶*National Cheng Kung University, Taiwan*

⁷*Tokyo University, Japan*

⁸*Osaka University, Japan*

In this work we investigate the physical nature and generation mechanism of very monochromatic Pc4 pulsations with using data of ERG (Exploration of energization and Radiation in Geospace) satellite. Such type of the pulsations is excited during very low geomagnetic activity, these pulsations are not seen on the ground magnetometers due to damping in the ionosphere. The question about the generation mechanism of these pulsations is still open.

For the event 4 May 2017 according to the ERG satellite data the wave packet of Pc4 pulsations was registered after midnight at 08-10 UT. The pulsations are mostly seen in radial component and also in azimuthal component of the magnetic field; its frequency is about 13 mHz. On GOES-13 satellite located on higher L-shell than ERG satellite the frequency of these pulsations is about 11.5 mHz. This property (decrease of the frequency of geomagnetic pulsations with the increase of L-shell) testifies about the resonance nature of the pulsations.

During appearance of the Pc4 pulsations on ERG satellite the injection of electrons (mostly seen in 10-80 keV energetic channels) are registered. This injection coincides with the small increase of AE index up to 200 nT. So, this injection is caused by the small substorm. Thus, it is found the experimental evidence that injection of electron cloud into the morning sector can be a reason of the excitation of monochromatic Pc4 geomagnetic pulsations. There are some theories which can explain this mechanism.

Resonant interaction of energetic electrons with auroral kilometric radiation

V.S. Grach¹ and A.G. Demekhov^{2,1}

¹*Institute of Applied Physics, Nizhny Novgorod, Russia*

²*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*

We study the resonant interaction of energetic electrons with wave packets of Auroral Kilometric Radiation (AKR) at fundamental cyclotron resonance. Electron parameters are chosen in order to ensure fulfillment of the resonance condition for realistic AKR wave packets. We adopt the dipole model of the Earth's magnetic field and take the evolution of the wave packet into account.

We have shown that the resonant interaction of electrons with AKR can be very efficient for wave frequencies close to the cut-off frequency and in a limited range of electron energies ($1 \text{ keV} < W_0 \leq 50 \text{ keV}$ for the considered AKR wave packet). Lower-energy electrons have one resonance point within the packet, and high-energy electrons have two resonance points with opposite signs of the effective inhomogeneity. Both linear and non-linear interactions take place. For lower energy electrons non-linear interaction is possible for lower amplitudes than for higher energy electrons. Non-linear phase bunching takes place for all considered energies, and particle trapping by the wave field is possible only for electrons with low ($\leq 2 \text{ keV}$) and high ($> 25 \text{ keV}$) energy.

Modeling of auroral hiss propagation from the source region to the ground

O.M. Lebed¹, Yu.V. Fedorenko¹, N.G. Kleimenova², A.S. Nikitenko¹

¹*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*

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

An auroral hiss is one of the main types of VLF emissions in high latitudes. It is observed at frequencies above 3-4 kHz in the evening and night. The auroral hiss propagates in the magnetosphere and ionosphere as quasi-electrostatic whistler mode waves at a wave-normal angle close to the 90° with respect to the geomagnetic field. The satellite and ground-based observations accumulated extensive information on the structure of the waves, its morphology, and their association with geomagnetic disturbances and visible auroras. However, the mechanisms of the auroral hiss propagation from the source region to the ground are still poorly understood.

We present the model of auroral hiss propagation from the magnetosphere to ground that has been created to interpret the high-latitude ground-based measurements. The main attention is paid to the numerical simulation of the scattering of the electrostatic waves into the propagation cone at random ionospheric meter-scale irregularities located at the altitudes from 1500 to 3000 km. The results of calculations of both the apparent backazimuth average values of the

exit point from the ionosphere and their probability density functions are given. The simulation results are consistent with the estimates, based on observations.

Categorization of dayside Pc4 pulsations: A Van Allen Probes statistical study

O.S. Mikhailova, D.Yu. Klimushkin, P.N. Mager (*Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia*)

The statistics of observations of Pc4 geomagnetic pulsations was obtained by using the Van Allen Probes data. More than 90 events on the dayside of the Earth have been found. Events were categorized visually. Pulsations were divided into four categories: 1) amplitude modulated oscillations with poloidal or mixed polarization, 2) toroidal, 3) compressional, 4) oscillations with the polarization change.

The work was supported by the Russian Science Foundation under grant 18-17-00021.

Ground-based high latitude observations of the VLF auroral hiss and comparison with the modeling results

A.S. Nikitenko¹, Yu.V. Fedorenko¹, O.M. Lebed¹, J. Manninen², N.G. Kleimenova^{3,4}, S.V. Pilgaev¹, A.V. Larchenko¹

¹*Polar geophysical institute (PGI) Apatity, Russia; e-mail: alex.nikitenko91@gmail.com*

²*Sodankylä Geophysical Observatory, Finland*

³*Schmidt Institute of Physics of the Earth (IPE RAS), Moscow, Russia*

⁴*Space Research Institute (SRI RAS), Moscow, Russia*

The results of the simultaneous ground-based observations of VLF auroral hiss at two spatially separated observational sites (L~5.5) are presented. The observations have been carried out at Finnish station Kannuslehto and Russian station Lovozero. At Lovozero, the data acquisition system consists of two horizontal components of the magnetic field and the vertical component of the electric field. At Kannuslehto, the measurements of the vertical electric component and two horizontal magnetic components started in November 2018. The Kannuslehto receivers were accurately calibrated. The location of the auroral hiss ionospheric exit point was calculated considering randomness of the arrival angle of the Poynting vector.

The model of the VLF emissions propagation in the lower ionosphere and the Earth-ionosphere waveguide was developed and applied to estimate the VLF ionospheric exit point location. It is shown that the shape of the orientation distribution of the VLF arrival angles depends on the mutual location of the ionospheric exit point and the ground-based VLF receiver.

Peculiarities of VLF wave amplification during their propagation in the inhomogeneous magnetospheric plasma

D.L. Pasmanik and A.G. Demekhov (*Institute of Applied Physics of the Russian Academy of Sciences*)

We study peculiarities of the cyclotron amplification of VLF waves during their propagation in the Earth's magnetosphere in the presence of large-scale plasma irregularities, such as the plasmapause or density ducts.

Ray tracing approach is used to consider the wave propagation in the inhomogeneous magnetospheric plasma. Variation of the wave amplitude due to the cyclotron interaction with the energetic electrons having an anisotropic distribution function is studied. Change of direction of the wave vector along wave trajectory is taken into account for calculation of the local value of the growth rate of cyclotron instability and for total gain of wave amplitude as it propagates from the source.

The source in the equatorial region is considered and the cold plasma density distribution profiles observed by Van Allen Probes satellites are used. 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.

Allocation of Pc3-4 pulsations on 28 January 2018

V.C. Roldugin and A.V. Roldugin

Polar Geophysical Institute, Apatity, Murmansk Region, Russia

The Pc3-4 periodic pulsations on 28 January 2012 were observed in aurora and in magnetic field at Lovozero and Scandinavia, in electric and magnetic fields in satellites THEMIS A, D and E, situated over Siberia, in geomagnetic field at low altitude observatories. The pulsating area extended along latitude not less than 150° , pulsation propagations observed in it with velocity about 3-4 degrees of longitude for 1 sec easterly.

Compressional ULF wave from multipoint THEMIS measurements in the dusk side magnetosphere

A.V. Rubtsov^{1,2}, O.V. Agapitov³, P.N. Mager¹, D.Yu. Klimushkin¹ and O.V. Mager¹

¹*Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Irkutsk, Russia*

²*Department of Physics, Irkutsk State University, Irkutsk, Russia*

³*Space Science Laboratory, University of California, Berkeley, CA, USA*

A compressional Pc5 wave accompanied by poloidal perturbation of the transverse magnetic field was observed by the five THEMIS spacecraft in the dusk sector of the Earth's magnetosphere at $L \sim 10R_E$ on 21 May 2007. A poloidal character of the wave was in agreement with the predominately azimuthal wave vector direction. The wave was associated with localized hot proton injection from two consecutive substorms, when the cloud of energetic particles comprised of the lower-energy protons from the earlier substorm was mixed with higher-energy protons from the subsequent one. The clear signatures of the wave-particle drift resonance of protons modulated by the wave were observed. The increase of the particle energy with the distance from the Earth and the observed strong dependence of the wave frequency on the azimuthal wave number allowed to conclude that the observed wave was the drift compressional mode generated by the gradient instability.

Characteristics of wave-particle interactions during magnetosphere compressions according to the Van Allen Probes satellites

E.E. Titova¹, A.G. Demekhov^{1,2}, A.A. Lubchich¹, J. Manninen³, A.G. Yahnin¹, T.A. Yahnina¹

¹*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*

²*Institute of Applied Physics, RAS, Nizhny Novgorod, Russia*

³*Sodankylä Geophysical Observatory, Sodankylä, Finland*

Amplitude and spectral characteristics of VLF/ELF waves are analyzed using the data of Van Allen Probes satellites (VAP) and the ground-based station Kannuslehto during multiple magnetosphere compressions. Two events 09/14/2017 and 08/01/2018 were considered, when significant magnetic field increases (up to 10%) associated with the magnetosphere compression were observed. The VAP-A and VAP-B satellites were near the equator in the morning and day sectors at $L \approx 4-6$. Intensifications of whistler waves, correlated with variations in the magnetic field, were observed in the VLF range at frequencies of 2-6 kHz near one half of the electron gyrofrequency, and in the ELF range (0.1 - 1 kHz). Using multicomponent satellite measurements and the calculated time-frequency dependences of the cyclotron instability growth rates of whistler waves, we were able to localize possible generation regions of the VLF/ELF radiation detected by the VAP satellites. The diffusion coefficients of energetic electrons were calculated from the VLF/ELF wave spectra (for longitudinal propagation). It is shown that the diffusion coefficients of whistler waves had two maxima: one at the energies around 0.1–1 keV, caused by VLF waves at frequencies of 2–6 kHz, and the other at the energies of 10–100 keV, caused by ELF waves with frequencies of 0.1–1 kHz. In accord with ELF observations, low-orbiting POES satellites detected precipitation of electrons with energies 30–300 keV at $L = 4.5-6.5$ and in the range of 11–15 MLT.

Simultaneous observations of EMIC and VLF waves during multiple magnetosphere compressions

A.G. Yahnin¹, J. Manninen², T. Raita², T.A. Popova¹, A.A. Lubchich¹, T.A. Yahnina¹, E.E. Titova¹,
A.G. Demekhov^{1,3}

¹*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*

²*Sodankyla Geophysical Observatory, Sodankyla, Finland*

³*Institute of Applied Physics of RAS, Nizhny Novgorod, Russia*

A series of simultaneous EMIC and ELF/VLF wave bursts were observed onboard the Van Allen probes (VAP) during the event of multiple magnetosphere compressions on 14 Sept 2017. The bursts, which have the duration and cadence of several minutes, were observed during about four hours when the spacecraft were on the day side and went through their apogees. Similar temporal structures of the emissions were detected on the ground in the Pc1 and ELF/VLF ranges by the network of induction coil magnetometers and by the ELF/VLF receiver in Kannuslehto, respectively. Combining the VAP and ground-based wave data with particle precipitation data from low-orbiting POES satellites allowed us to identify the precipitation pattern associated with both ELF/VLF and EMIC waves. This is the enhancements of precipitating >30 keV energetic electrons and protons, which are localized within the zone of anisotropic fluxes at $L > 4$. This precipitation occupies the area around noon and has dimensions as large as several degrees in latitude and several hours in MLT. The area of the precipitation significantly varies in time. We conclude that this kind of precipitation is the result of pulsed development of the co-located ion-cyclotron and electron-cyclotron instabilities stimulated by enhancements of the transverse anisotropy of the ring current and outer radiation belt particles due to multiple magnetosphere compressions. The calculations of the ion-cyclotron instability growth rate and the diffusion coefficient of near-loss cone protons were performed using plasma and wave parameters measured with the VAP spacecraft. Similar calculations for ELF/VLF waves and electrons are presented in the companion report by Titova *et al.*

Titova E.E., A. G. Demekhov, A. A. Lubchich, J. Manninen, A. G. Yahnin, T. A. Yahnina. Characteristics of wave-particle interactions during magnetosphere compressions according to the Van Allen Probes data (this issue)

Экспериментальные исследования искажений частотного спектра радиосигналов декаметрового диапазона в неоднородной, неравновесной ионосфере

А.Д. Гомонов, Н.В. Калитёнков, А.Н. Миличенко

ФГБНУ “Полярный геофизический институт”, г. Мурманск, Россия

Важным свойством плазмы полярного геокосмоса является ее неоднородность и неравновесность. Ионосферные неоднородности принято делить на неоднородности F слоя и неоднородности E слоя. Установлено, что область неоднородностей E-слоя располагается на высотах 100-130 километров. Ориентированные вдоль геомагнитного поля неоднородности представляют собой, в основном, структуры с резкими (для декаметрового диапазона волн - это расстояния меньшие и сравнимые с длиной волны 10 – 100 метров) границами и перепадом концентрации, достигающим 100%. Максимальная длина неоднородностей вдоль направления магнитного поля Земли в этом слое составляет несколько сотен метров. Неоднородности F- слоя ионосферы сильно вытянуты вдоль направления геомагнитного поля, имеют резкие границы, большой разброс размеров и флуктуаций электронной плотности, достаточно большие времена жизни и расположены, в основном, в зоне овала полярных сияний. Перепад концентраций у этих неоднородностей также может достигать 100%. Неравновесность обусловлена потоками заряженных частиц, вторгающимися в ионосферу во время авроральных суббурь. При пролетах ракет через дискретные формы полярных сияний регистрировались пучки электронов, практически коллимированные вдоль направления магнитного поля Земли. Энергия коллимированных вдоль геомагнитного поля пучков электронов регистрируется в пределах от 0,5 до 5 КэВ. Визуальным проявлением неоднородности и неравновесности полярной ионосферы являются полярные сияния. Представлены результаты исследований искажений частотного спектра радиосигналов декаметрового диапазона, распространяющихся на радиотрассе г. Москва – г. Мурманск в различных геофизических условиях. Даются интерпретация полученных результатов и предложения их практического использования.

Об особенности воздействия мощным КВ радиоизлучением полярного нагревного стенда на неравновесную плазму

А.Д. Гомонов, Н.В. Калитёнков, А.Н. Миличенко, М. Ритвелд, А. Брекке

Известно, что при воздействии на полярную ионосферу мощным КВ радиоизлучением в ионосфере образуются магнитоориентированные неоднородности электронной плотности. Радиоизлучение нагревного стенда при взаимодействии с этими неоднородностями претерпевает известную трансформацию: поперечная радиоволна становится продольно-поперечной и замедляется. В неравновесных условиях может реализоваться возможность взаимодействия такой радиоволны с электронными пучками. Так как для нагревного стенда Тромсё (Норвегия) распространение замедленной мощной радиоволны и распространение пучка электронов происходит в противоположных направлениях, развивается целый ряд специфических для полярного геокосмоса явлений. В работе представлены результаты эксперимента по исследованию искажений спектра мощной радиоволны нагревного стенда.

Проникновение электромагнитного излучения на промышленной частоте 50 Гц и ее гармониках от линий электропередач в верхнюю ионосферу

Е.Н. Федоров¹, Н.Г. Мазур¹, В.А. Пилипенко²

¹*Институт физики Земли РАН, г. Москва*

²*Институт космических исследований, г. Москва*

В работе моделируется проникновение электромагнитных промышленной частоты 50 Гц и ее гармоник в ионосферу и магнитосферу. Оценена возможность регистрации возмущений от линий электропередач на ионосферных высотах современными спутниковыми магнитометрами и электрическими антеннами. Разработан метод расчёта поля от длинного линейного тока с учётом особенностей, возникающих в результате резонанса на гирочастотах ионов. Получены высотные зависимости магнитного и электрического полей и вертикальной компоненты плотности потока электромагнитной энергии непосредственно над источником.

The solar wind magnetic clouds structures frequency features

O.M. Barkhatova¹, N.A. Barkhatov², V.G. Vorobjev³, S.E. Revunov², D.S. Dolgova²

¹*Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering, Nizhny Novgorod*

²*Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University, Nizhny Novgorod*

³*Polar Geophysical Institute, Apatity*

Direct measurements of the interplanetary magnetic field on spacecraft have shown that Solar wind magnetic clouds are quite often the observed type of coronal plasma flows [Kilpua *et al.*, 2013]. Interest in the study of magnetic clouds is associated with their high geoeffectiveness. The structure of magnetic cloud can be divided into a shock wave at the front of the cloud, a turbulent sheath between the shock wave and the leading edge of the magnetic cloud, the leading field and the axial field contained in the cloud body, and the tail field. Geomagnetic disturbance is usually associated with the cloud body parameters and the conditions for the Earth's magnetosphere passage through it. In the works [Farrugia *et al.*, 1998; Barkhatov *et al.*, 2011] noted however that the presence of a sheath in magnetic clouds makes noticeable adjustments to the predicted level of geomagnetic disturbance. In this regard, the analysis of parameters evolution for cloud shells is important to determining their geoeffectiveness.

In the present work the ULF spectral composition for sheathes and bodies front edge of magnetic clouds of varying length for 33 events was investigated. An analysis of the dynamics of the interplanetary magnetic field modulus, Solar wind velocity and concentration made it possible to establish the cloud sheathes boundaries and mark the transition areas to the cloud body. For all cases when going from the sheath to the cloud body, a sharp weakening of disturbance intensity for all analyzed parameters is noted. The characteristic range of recorded ULF disturbances periods in the event sheathes is from 15 to 25 minutes in the low-frequency spectrum band and about 5 minutes for the high-frequency band. In the bodies of the events studied, both high-frequency disturbances with characteristic periods of 2.5–10 minutes and low-frequency ones with periods 15–25 minutes are also recorded.

A detailed analysis of study results Fourier and wavelet spectra for all events sheathes demonstrates significant difference between the two selected groups. As it turned out, the first group included clouds with small length sheathes, less than 2 hours (2 events) and the second group - clouds with long sheathes for more than 2 hours (31 events). The frequency-spatial distribution of disturbance intensity in the cloud sheathes shows that intense disturbances are recorded for the first group events throughout all sheathes with a spectral maxima cascade to the high-frequency region with gradual damping of turbulent processes on a small scale. This confirms the presence of a turbulent regime in the entire sheath for such cloud. Analysis of the wavelet spectra over the sheath demonstrates an increase in the disturbances frequency to their back end. It should be noted that the most intense oscillations of magnetic field occur at the sheath leading edge for first group events, while the ULF disturbances of Solar wind concentration and velocity have the most intense spectral maxima in the sheath middle and back parts. This result is consistent with [Kilpua *et al.*, 2013], where it is argued that ULF oscillations for interplanetary magnetic field and pressure have different profiles inside sheath: for the ULF magnetic field they are strongest in the sheath leading part, while pressure is increasing to their back end.

More extended sheathes (second group events) are structures with strong fluctuations of magnetic field, Solar wind velocity and concentration, exceeding their values in the cloud body. Such sheathes are characterized by disturbances in the range 5–25 minutes, and there is a spatial distribution of spectral maxima over the sheath — magnetic field and Solar wind parameters disturbances follow a series. Within each series, cascades of spectral maxima to the high-frequency region are recorded. It indicates that the turbulent regime is not in the whole sheath, but only in these areas. This may mean that long sheathes are not fully turbulent areas.

The studies were carried out with the financial support of the Russian Foundation for Basic Research, Project No. 18-35-00430 (Barkhatova O.M., Dolgova D.S.), and within the framework of the State Mission of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation No. 5.5898.2017 / 8.9 (Barkhatov N.A., Revunov S.E.).

Farrugia C.J. *et al.*, Geoeffectiveness of three Wind magnetic clouds: a comparative study // *J. Geophys. Res.*, V.103, N A8, P.17261-17278, 1998.

Kilpua E. K. J., Isavnin A., Vourlidis A., Koskinen H. E. J., and Rodriguez L. On the relationship between interplanetary coronal mass ejections and magnetic clouds // *Ann. Geophys.*, 31, 1251–1265, 2013. doi:10.5194/angeo-31-1251-2013.

Barkhatov N. A., Levitin A. E., Revunova E. A. Geomagnetic Storm Intensity Forecast Caused by Magnetic Clouds of Solar Wind // *Geomagnetism and Aeronomy*. 2014. V. 54. N. 6. P. 718–726. © Pleiades Publishing, Ltd., 2014. DOI: 10.1134/S001679321406005X

Variations of the north-south component of cosmic ray anisotropy in various structures of the solar wind

A.V. Belov, E.A. Eroshenko, V.A. Oleneva, M.A. Abunina, V.G. Yanke

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

We study the north-south component of cosmic ray anisotropy, determined by the global survey method for each hour in 1957-2018. Examples are given of the behavior of the north-south anisotropy during large Forbush decrease, when crossing the sector boundaries of the interplanetary magnetic field, in high-speed solar wind flows from coronal holes. The north-south component differs from the equatorial component of the anisotropy in that it can be determined only to within a constant and it essentially depends on the chosen base. Since the calculations in the global survey method are performed separately for each month, there arises (and discusses in this paper) the problem of matching the results. Long-term variations of the north-south anisotropy obtained after stitching the results by a special technique are determined and studied.

The study of evolution long-term unipolar coronal hole in northern hemisphere in solar minimum for 2015-2017

A.V. Borisenko (*Lebedev Physical Institute RAS, Moscow, Russia; e-mail: sunw77@mail.ru*)

The systematic study of coronal holes began in the late 1970s with the coordinated scientific program of observations of the SkyLab orbital observatory and ground-based observations in the HeI 10830A line (Kitt Peak Observatory, USA).

In the Soviet Union began to study coronal holes in Laboratory of Sun Physics of the Crimea Astrophysical Observatory since the late 80's under the leadership of N.N. Stepanian on the HeI 10830A spectroheliograms data of the universal spectrophotometer of the BST-2 telescope.

The analysis of the observations obtained from the data of the satellite ACE / SWEPAM showed that in the Quiet Sun coronal holes are the only sources of fast solar wind (> 450 km/s for Period 2015-2017). Thus, confirmed was received earliest scientific results in study coronal holes [1, 2].

Perhaps coronal holes are the only source of high-velocity streams of solar wind particles for the "quiet" Sun, which in disturbing the Earth's own magnetic field and affect atmospheric effects, causing auroras borealis, geomagnetic storms and may be reason global earth disasters.

A direct relationship between the change in the area of unipolarity coronal hole and the speed of the solar wind for whole visible disk was obtained. With the growth of the coronal hole area, the speed of the solar wind increases and vice versa. A correlation coefficient of 0.7 was obtained.

1. Jack B. Zirker // *Rev. of Geophysics and Space Physics* 1977. Vol. 15, No. 3.P. 257.

2. Nolte J.T., Krieger A.S., Timothy A.F. et al. *Solar Physics*, vol. 46, Feb. 1976, p. 303-322.

Using of the GPU calculations for study of solar flare mechanism via coronal MHD simulation

A.V. Borisenko¹, I.M. Podgorny², A.I. Podgorny¹

¹*Lebedev Physical Institute RAS, Moscow, Russia*

²*Institute of Astronomy RAS, Moscow, Russia*

e-mails: sunw77@mail.ru, podgorny@lebedev.ru

Comparison of observations with results of MHD simulation above the active region NOAA 10365 performed in reduced time scale unequivocally is showed, that the flare takes place in corona as a result of release of energy, which is accumulated in the magnetic field of the current sheet. For the first time, a current-sheet model for explaining the mechanism of a solar flare was proposed in 1966 by SI Syrovatsky. The current sheet was obtained in solar corona by MHD simulation above the real active region. Basing on the mechanism of flare energy release in a current sheet I.M. Podgorny proposed electrodynamic model of the solar flare which explains main manifestations of a flare. For more detail study of the current sheet magnetic field configuration it is necessary to perform MHD simulation in real time scale.

In now time reduced 10000 time scale MHD simulation, spurious current density maxima appear which can masked real current sheets. Simulation in real time during the first few minutes of evolution showed the absence of instability at the boundary, which leads to disturbances with a large current to the generation of parasitic currents. Simulations must be carried out so that, in the absence of disturbances at the photospheric boundary, it is possible to more conveniently and more accurately determine the position of the current sheet, more precisely to obtain a magnetic field configuration both near the current sheet and, especially, in a significant region containing the current layer and adjacent to the photosphere boundary. Also, real-time simulation is necessary to accurately calculate the flash energy accumulated in the magnetic field of the current sheet.

For this purpose, the “personal supercomputer” on the base of CUDA NVIDIA technology with the GPU Tesla M2050 has been installed. Hardware and software were installed and tested.

The test of five-point method for implicit stable finite-difference scheme for 2D PDE solving accelerated x143 times.

We are currently study on MHD simulation above a multi-flare large complex active region NOAA 12192 to determine current sheets in the corona. NOAA 12192 produced several X-class flares.

Evaluation of solar activity from the data of meter range solar radio emission

M.Y. Filippov¹, A.A. Abunin², N. A. Khodataev¹

¹*Joint Stock Company «Academician A.L. Mints Radiotechnical Institute», Moscow, Russia*

²*Federal state budgetary institution of science Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation Russian Academy of Sciences, Troitsk, Moscow, Russia*

³*Kalmyk state University named after Mr. Elista, Russia*

The dependence of the daily average power of the meter range solar radio emission with solar activity is shown. The correlation coefficient is 0.75 in the analyzed period of 2 years of low solar. The method of calculating the index F10.7 for use in special tasks based on this dependence is created.

An event of anisotropic cosmic ray enhancement on 07 June 2015

A. Gil¹, G. Kovaltsov², V. Mikhailov³, A. Mishev⁴, S. Poluianov⁴, I. Usoskin⁴

¹*Institute of Mathematics and Physics, Siedlce University, Siedlce, Poland*

²*Ioffe Physical-Technical Institute, St. Petersburg, Russia*

³*MEPhI, Moscow, Russia*

⁴*Space Climate Research Unit and Sodankylä Geophysical Observatory, University of Oulu, Finland*

We report an unusual event of Anisotropic Cosmic Ray Enhancement (ACRE) observed by neutron monitors at 12-19 UT 07 June 2015. A statistically significant increase was registered only by southern polar stations with the highest magnitude of about 6% at Dome C in Antarctica. In contrast, high-latitude stations in the northern hemisphere such as Oulu, Apatity, Barenzburg, Peawanuck and others showed no response. The asymptotic directions of particles causing the enhancement have been computed. The event was not aligned with the apparent direction of the interplanetary magnetic field. Analysis of particle data from space-borne instruments (GOES, ERNE/SOHO, PAMELA) has not shown any response. No signs of a solar energetic particle event have been found as well. Heliospheric conditions near the Earth were not disturbed, but there was a fast ejecta from the Sun that passed south-west of our planet. The Earth was exactly at its boundary at the time of the observed cosmic ray enhancement. We suggest that this could lead to strong anisotropy of low-rigidity (<1 GV) particles causing the observed increase in neutron monitor data.

Investigation of the planetary distribution of the geomagnetic cutoff rigidity of cosmic rays for different orbits for the 2020 for different models of the geomagnetic field

B.B. Gvozdevsky¹, A.V. Belov², R.T. Guschina², E.A. Eroshenko², V.G. Yanke²

¹*Polar Geophysical Institute (PGI), Apatity, Russia*

²*Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation, RAS, Moscow, Russian*

The global distribution of geomagnetic cutoff rigidity for the 2020 has been calculated for various heights: 400, 2000, 6000, 9000, 12000, 18000, 24000, 35786 and 48000 km of model IGRF + T89. The heights are selected based on the classification of orbits by height above the Earth's surface: low-orbit LEO, medium-orbit MEO, geostationary GSO, and high-orbit HEO. Because of the three-dimensionality of the task, the calculations are extremely voluminous, and such calculations must be carried out for specific tasks of radiation hazard. For some problems for more complex models of Tsyganenko, such calculations were also carried out. It is important to know the planetary changes in the geomagnetic cutoff rigidity at different depths in the magnetosphere in order to estimate the radiation.

Peculiarities of the time variations of the solar and heliospheric characteristics and GCR intensity during minimum between solar cycles 24 and 25

M.S. Kalinin, G.A. Bazilevskaya, M.B. Krainev, A.K. Svirzhevskaya, N.S. Svirzhevsky, Yu.I. Stozhkov

P.N. Lebedev Physical Institute RAS, Moscow, Russia; e-mail: kalinin273@lebedev.ru

In the talk we analyze the regular data on the solar and heliospheric characteristics and stratospheric sounding of the galactic cosmic rays (GCR) in the descending phase of the solar activity cycle 24. The integral intensity of $T \geq 100$ MeV is compared with the basic solar data, as well as heliospheric modulating factors - magnetic field (HMF), solar wind and angle of inclination of the surface of inversion of the HMF relative to helioequator. The time variations of intensity were simulated within the framework of the GCR modulation equation, in which the transfer coefficients were formed on the basis of heliospheric data measured near the Earth.

It is concluded that the main reason for the slower growth of intensity at the approach to the minimum between solar cycles 24 and 25 (min 24/25) compared to the expected growth is the residual strength of the HMF, higher than in the previous min 23/24. For high energies ($T \approx 10$ GeV) model description is compared with the data of the world network of neutron monitors, while for low energies ($T \approx 200$ MeV) - with the data of spacecraft ACE.

Comparison between the regular balloon and neutron monitoring of the GCR intensity and the direct GCR measurements in the PAMELA and AMS-2 experiments

M.B. Krainev

Lebedev Physical Institute, RAS, Moscow, Russia

The regular balloon monitoring (RBM) of cosmic rays in the Earth's atmosphere provides one of the longest homogeneous time series on the galactic cosmic ray (GCR) intensity (in Murmansk and Moscow regions since 1957, in Antarctica since 1962). However, both RBM and well-known neutron monitor (NM) time series refer to the count rates of detectors of the secondary cosmic rays. So to use them for comparison with the observed or calculated GCR intensity in the heliosphere one should first connect these count rates with some characteristics of the primary GCRs near the Earth. Both for RBM and NM experiments there are special methods for the above connection which provide the long-term time series of the expected GCR characteristics.

In the talk we correlate these GCR characteristics expected from the RBM and NM measurements with those measured in PAMELA (in 2006-2015) and AMS-2 (since 2011) space experiments. We draw the conclusion that to improve the above correlation the detailed calculations of the cosmic ray cascade in the atmosphere would be very useful.

The physical mechanism of the solar flare, studied on the basis of the results of observations and MHD simulation

I.M. Podgorny¹, A.I. Podgorny²

¹*Institute of Astronomy RAS, Moscow, Russia; e-mail: podgorny@inasan.ru*

²*Lebedev Physical Institute RAS, Moscow, Russia; e-mail: podgorny@lebedev.ru*

During a solar flare, magnetic energy of $\sim 10^{32}$ erg is released for several tens of minutes, which is converted into thermal energy of plasma heated to 30-50 MK, kinetic energy of coronal plasma ejection, accelerated charged particles (protons - up to 20 MeV) and into energy of electromagnetic emission in a wide range (from radio emission to X-ray and γ -emission). The most interesting feature of a solar flare is the explosive release of energy high in the solar corona - at altitudes of 15 000 to 30 000 km. The appearance of a flare in the corona is explained by the accumulation of energy in the magnetic field of the current sheet, which is created in the vicinity of X-type singular line of magnetic field. In the course of quasistationary evolution, the current sheet transforms into an unstable state, the instability causes a flare energy release.

Based on the mechanism of energy release in the current sheet, using the results of numerical simulation and observations, the electrodynamic model of a solar flare is proposed, explaining its main observable manifestations. A source of thermal X-ray emission appears in the corona due to plasma heating to 30-50 MK as a result of magnetic field dissipation in the current sheet. The hard X-ray emission is caused by the electrons bremsstrahlung in the chromosphere, which are accelerated in field-aligned currents. The field-aligned electric currents in corona are generated by the Hall electric field along the magnetic field lines that are crossing a current sheet.

To study the flare situation, numerical MHD simulation was performed in corona above the real active region. At setting the conditions of simulation, no assumptions were done about the flare mechanism; all conditions were set from observations. Despite the use of specially developed methods realized in the program PERESVET, the calculation has been possible to carry out only in a strongly reduced time scale. But even in such an approximation, the calculation made it possible to establish the appearance of a current sheet whose position coincides with the position of the observed source of thermal X-ray emission.

A comparison of the spectrum of accelerated protons obtained by calculating the trajectories in the electric and magnetic fields obtained by MHD simulation showed that the acceleration of solar cosmic rays occurs in the current sheet by the electric field $\mathbf{E} = -\mathbf{V} \times \mathbf{B}/c$, and not in shock waves.

Analysis of the dynamics of the electron temperature of the solar atmosphere in the area of the appearance of solar flares provides independent evidence of the coronal origin of the flare. The temperature was estimated from the emission of spectral lines belonging to iron ions of a high degree of ionization (FeXVIII, FeXXIII, FeXXIV, etc.). It was shown that the solar flare is usually preceded by the appearance above the active region of a bright luminous formation with a temperature of $T \sim 6$ MK, that is, significantly higher than the corona temperature. This is a local formation ($\sim 10^{10}$ cm in size), we identify as a current sheet during the process of magnetic energy accumulation for the flare. After several tens of hours, the plasma temperature at the flare place rises sharply, which leads to an increase in the brightness of the observed glow above the active region in the lines of highly ionized iron.

Simulation in real scale of time should allow a more accurate compare of the positions of the appeared current sheets with the observed formations of the heated plasma in the lines of highly ionized iron and make other comparisons necessary for further study of the solar flare mechanism. For this purpose, the parallelizing of calculations is currently underway on a supercomputer specially assembled for solving this task based on the Tesla M2050 multiprocessor GPU graphics card.

Analysis of the interplanetary shock front fine structure, observed by BMSW experiment

O.V. Sapunova, N.L. Borodkova, G.N. Zastenker, Yu.I. Yermolaev

Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences

The study dedicated to interplanetary shock's fronts because of their strong influence on the space weather and researching processes taking place in collisionless plasma. Front's parameters are not studied by plasma measurement as well as by magnetic field measurement. Spectrometer BMSW (installed onboard SPEKTR-R satellite) solves this problem - it measures plasma flux magnitude and direction with time resolution 0.031 s and allowed us to study fine

structure of the ramp region. Data from SPEKTR-R was completed by magnetic field measurements from ACE, WIND, THEMIS and CLUSTER spacecrafts.

Ramp thickness was found to lie from 0.4 to 4 ion inertial length. Foot before the ramp and overshoot after the ramp were observed. In some cases the upstream/downstream waves were observed in the front of interplanetary shocks both in plasma and magnetic measurements. It was found that their wavelengths varied from 0.8 to 10 ion inertial length.

Comparison of the diurnal variations of the bottom edge of the ionosphere during the proton precipitations on 29 September 1989 and 19 October 1989

M.I. Sukhovey², V.A. ShishaeV¹, G.F. Remenets²

¹*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*

²*Saint-Petersburg State University, Saint-Petersburg, Russia*

The purpose of our work is a solving of the reverse VLF problems during the powerful solar proton precipitations (SPP), which began on September 29, 1989, 12:00 UT [1, 2], and October 19, 1989, 12:58 UT, namely we compare quantitatively the daily variations of the fluxes of the solar protons with the daily changes of VLF signals for a completely auroral radio path Northern Norway - the Kola peninsula (Aldra - Apatity). For the realization of this purpose, we have used the satellite data [1], the experimental VLF data of the Polar Geophysical Institute of the Kola Science Center, RAS, Apatity, Murmansk region [3] and a self-consistent method of a VLF inverse problem solution [2]. The pointed method for analysis of VLF daily variations was used in [4]. We have established the following: the dynamics of the effective height and reflection coefficient at sunset for 8 days, and 6 days for each event respectively. The minimal value of the effective height was equal to 45 – 47 km for the first event, and it is equal to 52 – 55 km for the second event, Fig. 1, despite the fact that the density of the proton fluxes with energies from 1 to 100 MeV for the second event was higher than for the first event.

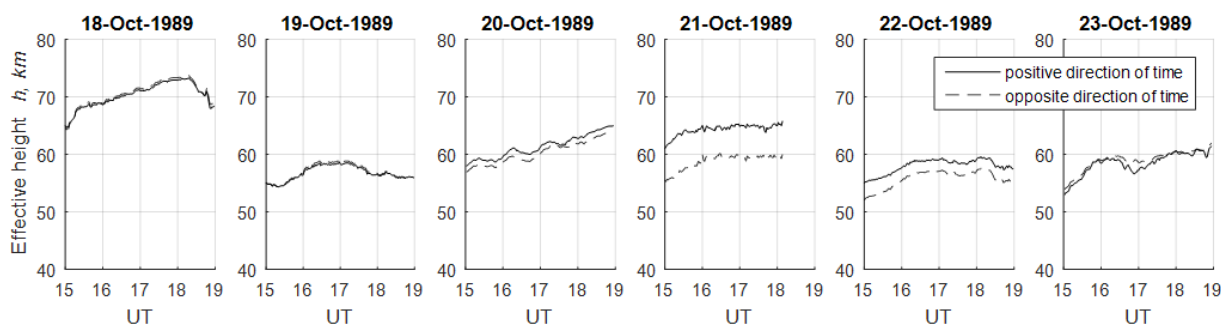


Fig. 1. The computation results: Dynamics of the effective height at sunset. The variations of effective height h at sunset (15:00 - 19:00 UT) for a week of measurements having begun with an absence of proton precipitations (18 October) and having continued with solar proton precipitation for the following days. The continuous curves – is an analysis in the positive direction of time. The dashed curves – is an analysis in the opposite direction.

1. <https://www.ngdc.noaa.gov/stp/satellite/goes/dataaccess.html>

2. Remenets G.F., Beloglazov M.I. Dynamics of an auroral ionospheric fringe at geophysical disturbances on 29 September 1989 // Planet. Space Sci. 1992. Vol.40. P.1101-1108.

3. Beloglazov, M. I., and G. F. Remenets. Very Long Wave Propagation at High Latitudes. 1982. "Nauka", Leningrad, Russia (In Russian).

4. Remenets, G. F., M. I. Beloglazov, An initial analysis of the dynamics of reflection properties of the low ionosphere at dawn for an auroral radio pass (according to the VLF data). Geomagn. Aeronom. 1985. V. 25. P. 69-72. (In Russian)

Analysis of thin current sheets in the solar wind

A.A. Vinogradov, I.Y. Vasko, A.V. Artemyev, E.V. Yushkov

Thin intensive current sheets play important role in solar wind dynamics. The MMS mission provides an opportunity to study the thin current sheets in the solar wind with high temporal and spatial resolution. Analyzing magnetic field data provided by the MMS mission during 2 days of November 2017, a detailed statistical analysis of current sheets is accomplished.

The current sheets were primary detected using PVI (Partial Variance of Increments) method. Since the distance between the MMS satellites is less than 10 km (which is less than the scales of the current layers), the multi-satellite curlometer method was used to calculate the current. The applicability of this method is shown by comparing with current estimated using the «timing» method. In order to find the current sheet reference frame, we apply combination of the MVA (Minimum Variance Analysis) method and the time delay method. To examine the applicability of the PVI method, we investigated events with high-amplitude localized currents and magnetic field corresponding to 1D current sheet. We completed the full statistics of current sheets and calculated the occurrence rate of high-amplitude current sheets. About 15% of current sheets were analyzed in burst mode. Current sheets with an amplitude of up to 150 nA / m² and a thickness of up to 10 km were detected. The statistical distribution of the amplitude, current density, spatial scale and characteristic plasma parameters of the current layers were obtained (density, temperature, plasma beta).

Корональные выбросы массы с различной структурой магнитного поля

М.А. Абунина, А.А. Абунин, А.В. Белов, С.П. Гайдаш, И.И. Прямушкина, Л.А. Трефилова

Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова, г. Москва, Россия

Эффективность межпланетных возмущений с различной структурой активно исследуется, поскольку эта тема фундаментально интересна и важна для практики. Чаще всего изучается связь структуры межпланетных возмущений с геомагнитной активностью. Однако немало работ и про влияние структуры ICMEs на модуляцию космических лучей, точнее на свойства Форбуш-понижений. Цель данной работы – выявить особенности и характерные черты межпланетных возмущений с разной структурой, основываясь на положении максимума ММП и понять как структура наблюдаемых возмущений связана с их эффективностью (способностью создавать Форбуш-понижения в космических лучах и возрастания геомагнитной активности).

В последние годы было показано, что магнитный поток солнечных эрупций, рассчитанный по наблюдениям диммингов и постэруптивных аркад, тесно связан с величиной Форбуш-понижений и силой геомагнитных бурь, являющихся следствием этих эрупций. Поскольку в мощных спорадических событиях наблюдается комплекс взаимосвязанных явлений, включающий вместе с выбросами солнечного вещества эффективное ускорение, естественно ожидать связь магнитного потока эрупций и с величиной протонных возрастаний. В представляемой работе проверяется это предположение. Полный магнитный поток эрупций, а также его составные части, связанные с диммингами и аркадами сопоставляются с протонными событиями для энергий протонов >10 и >100 МэВ, наблюдавшимися на спутниках GOES, и наземными возрастаниями солнечных космических лучей.

Использование полученных во время полета на самолете измерений скорости счета заряженной компоненты космических лучей в качестве одного из методов верификации программного комплекса RUSCOSMICS

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

ФГБНУ “Полярный геофизический институт”, г. Апатиты, Россия

В Полярном Геофизическом Институте при помощи комплексной системы мониторинга непрерывно ведется регистрация адронной и электромагнитной компоненты вторичного космического излучения (ВКИ). С целью регистрации заряженных частиц (электроны, мюоны, протоны) и точной привязки полученных данных к

The Sun, solar wind, cosmic rays

месту и времени был разработан специальный детектор с GPS модулем и системой сбора под управлением платы микропроцессора Arduino. При помощи этого устройства в течение 2018 г. был проведен ряд наземных измерений, а осенью 2018 г. прибор был установлен на борту аэробуса и произвел запись скорости счета во время взлета, занятия высоты и посадки на маршруте г. Мурманск – г. Москва – г. Минеральные Воды. Таким образом, представленные результаты позволяют произвести верификацию данных моделирования не в одной точке, а сразу для нескольких значений географических координат, в том числе и для интервала высот от уровня земли до 10 км.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-32-00626.

Статистика измерения радиации на высотах рейсовых самолетов в 2017-2018 годах

Б.В. Козелов (*ФГБНУ «Полярный геофизический институт», Мурманск-Апатиты*)

В докладе анализируются результаты измерения радиации на высотах рейсовых самолетов, проведенные в 2017-2018 гг. на трассах Мурманск (Апатиты)-Москва (Ст. Петербург), Осло-Тромсё-Лонгир и др. Измерения проводились дозиметром радиации Atom Simple для смартфона/планшета, изготовленным НПП КБ «Радар» на основе счётчика Гейгера СБМ-20 (<https://kbradar.org/p68397049-dozimetr-radiatsii-atom.html>). Дозиметр чувствителен к бета- (от 300 кэВ), гамма- и рентгеновскому (30 кэВ - 3 МэВ) излучению. Использовалось стандартное приложение AtomSimple для привязки к географическому положению и информация о высоте полета самолетов с ресурса <https://www.flightradar24.com>.

Обсуждаются зависимости от высоты, широты, тренды и возможность выделения сигнала от вариаций космических лучей.

О поведении солнечных и гелиосферных характеристик в фазе минимума между солнечными циклами 24 и 25

М.Б. Крайнев (*Физический институт им.П.Н. Лебедева РАН, г. Москва*)

Ранее мы оценили возможные характеристики гелиосферы, важные для распространения ГКЛ (радиальная компонента межпланетного магнитного поля B_r , наклон гелиосферного токового слоя к экватору α_t и скорость солнечного ветра V_{sw}), и определяемую ими интенсивность ГКЛ $J(E)$ в середине 2019 г. [*Геомагнетизм и Аэрномия*, 58, №2, 177, 2018]. Эта оценка была сделана, исходя из линейного тренда в указанных гелиосферных характеристиках, наблюдаемого в трёх предыдущих минимумах пятнообразовательной активности Солнца. Момент $t_m=2019.5$ тогда оценивался как приблизительное время достижения максимальной интенсивности ГКЛ.

Прошедшие после этих оценок два года продемонстрировали, что наблюдаемое поведение обсуждаемых гелиосферных характеристик существенно отличаются от их поведения в предыдущих солнечных циклах. На основании этих данных и сравнения развития 24-го солнечного цикла с предыдущими (с 1874 г., когда существуют данные по площади и координатам солнечных пятен) мы пытаемся дать новые оценки $\{t_m, B_r, \alpha_t, V_{sw}\}$.

Поведение наблюдаемой и расчетной интенсивности ГКЛ в этой фазе солнечного цикла 24 обсуждается в докладе *M.S. Kalinin et al., Peculiarities of the time variations of the solar and heliospheric characteristics and GCR intensity during minimum between solar cycles 24 and 25.*

Моделирование результатов эксперимента регулярного баллонного мониторинга космических лучей в случае использования данных PAMELA как входного параметра энергетического спектра источника первичных ГКЛ

Е.А. Маурчев (*ФГБНУ «Полярный геофизический институт», г. Апатиты*)

Существует огромная база данных, представляющая собой высотные профили скорости счета, полученные в результате запуска шаров-зондов с установленными на них счетчиками СТС-6. Одно из местоположений, где регулярно проводятся эксперименты с этим оборудованием, находится в г. Апатиты. Поэтому, сравнивая экспериментальные данные с данными моделирования для соответствующих географических координат,

можно производить верификацию модели, а также получать более подробную информацию о параметрах вторичных космических лучей в атмосфере Земли. В представленной работе приводятся результаты моделирования прохождения протонов через атмосферу Земли и их сравнение с усредненной высотной кривой скорости счета для минимума солнечной активности. Особенностью этого исследования является использование спектра, полученного при помощи аппарата PAMELA в качестве входного параметра генератора первичных частиц.

Расчет скорости ионизации нижней атмосферы Земли протонами космических лучей в области высоких широт во время события GLE No 61 и оценка вклада в этот процесс ядер кислорода в случае спектра чисто галактических космических лучей

Е.А. Маурчев, Ю.В. Балабин (*ФГБНУ «Полярный геофизический институт», г. Анатиты*)

Основными частицами, входящими в состав первичных солнечных космических лучей (СКЛ), являются протоны, их доля составляет до 90%. Оставшаяся часть состоит из электронов и ядер с зарядовым числом $Z \geq 2$. Взаимодействуя с веществом атмосферы Земли, эти частицы испытывают серии взаимодействий (в основном, с ядрами азота и кислорода), теряя свою энергию как на электромагнитные потери, так и на ядерные реакции, в ходе которых рождаются целые каскады вторичных частиц (электроны, протоны, нейтроны, каоны, мюоны, гамма-кванты).

Современный подход к исследованию частиц вторичных КЛ в атмосфере Земли включает в себя как экспериментальные методы, так и численное моделирование, например. В ПГИ был разработан специальный модуль программного комплекса RUSCOSMICS, позволяющий детально изучать характеристики каскадов КЛ и получать их в виде количественных значений энергетических спектров, высотных кривых, а также вклада в скорость ионообразования. В данной работе представлены результаты для частного случая, когда в качестве входных значений модели используются спектры СКЛ, соответствующие событию GLE No 61. Наряду с этим представлены аналогичные данные, полученные в результате прохождения через атмосферу Земли ядер кислорода первичных галактических КЛ.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-77-10018.

Ионизация атмосферы Земли протонами космических лучей в случае использования глобальной модели с учетом значений жесткостей геомагнитного обрезания

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

ФГБНУ «Полярный геофизический институт», г. Анатиты

Вторгаясь в атмосферу Земли, космические лучи (КЛ) испытывают множество взаимодействий с окружающим их веществом, теряя при этом свою энергию. Одним из важных для исследования процессов является ионизация, которая индуцируется этими частицами в большом диапазоне высот, начиная примерно от 80 км и вплоть до уровня земли. При этом, в зависимости от их начальной энергии меняется, соответственно, и скорость ионообразования. В представленной работе рассматривается моделирование прохождения протонов галактических КЛ (ГКЛ) в случае использования глобальной геометрии атмосферы, построенной на базе NRLMSISE-00, при этом шаг сетки для выбора физических параметров (температура, плотность, состав) составляет 5 градусов. Спектр первичных частиц соответствует минимуму солнечной активности, а значения жесткости геомагнитного обрезания получены посредством модели IGRF. Результатом вычислений является карта ионизации атмосферы Земли для интервала широты от -90 до 90 градусов, долготы от 0 до 360 градусов и высоты от 0 до 80 км. Также производится верификация модельных данных при помощи высотных профилей скорости счета, полученных в ходе эксперимента по запуску шаровзондов с установленными на них счетчиками Гейгера.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-32-00626.

Сравнение данных эксперимента по запуску шаров-зондов с полученными при помощи RUSCOSMICS высотными профилями и анализ представленных результатов

Е.А. Михалко, Е.А. Маурчев, А.В. Германенко (*ФГБНУ «Полярный геофизический институт», г. Апатиты*)

Результатом моделирования прохождения протонов первичных космически лучей (КЛ) через атмосферу Земли при помощи программного комплекса RUSCOSMICS является количественная оценка значений потоков частиц вторичных КЛ на разных высотах (до 80 км). Для обеспечения высокого уровня соответствия реальным условиям, эти данные должны проходить обязательную верификацию. Наилучшим методом является их сравнение с высотными профилями скорости счета, полученными в ходе экспериментов по запуску стратосферных шаров-зондов с установленными на них счетчиками Гейгера. Несмотря на то, что проверка корректности происходит для локального участка, такой подход можно назвать преимущественным, поскольку полеты проводятся на протяжении нескольких десятков лет и обеспечивают хорошую точность имеющимся рядам данных. В представленной работе рассматривается верификация результатов моделирования, полученных для случая минимума солнечной активности.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-32-00626.

Изменение характеристик турбулентности плазмы на ионных масштабах при пересечении околоземной ударной волны

Л.С. Рахманова, М.О. Рязанцева, Г.Н. Застенкер (*Институт Космических Исследований, г. Москва, Россия*)

Магнитослой является переходной областью между набегающим потоком солнечного ветра и магнитосферой Земли. Турбулентность является характерной чертой плазмы солнечного ветра и магнитослоя. Пересечение плазмой околоземной ударной волны может сопровождаться инжекцией дополнительной энергии в систему, что приведет к изменению вида и свойств турбулентного каскада. В настоящей работе рассмотрено, как пересечение околоземной ударной волны влияет на характеристики частотных спектров флуктуаций потока ионов в диапазоне частот 0.01-10 Гц. Для анализа использовались измерения потока ионов прибором БМСВ на спутнике Спектр-Р. Исследовались несколько пересечений околоземной ударной волны, для которых были доступны данные с временным разрешением 31 мс. Рассматривалась форма и характеристики частотных спектров флуктуаций потока ионов перед и за фронтом околоземной ударной волны, а также функция распределения флуктуаций. Для флуктуаций плазменных параметров подобный анализ проводится впервые. Показано, что пересечение околоземной ударной волны может приводить к нарушению характерного колмогоровского вида турбулентного каскада, который далее восстанавливается по мере продвижения плазмы вглубь магнитослоя.

Связь магнитного потока солнечных эрупций с величиной протонных возрастаний

Л.А. Трефилова, А.В. Белов, И.М. Черток, А.А. Абуни, М.А. Абунина, С.П. Гайдаш, И.И. Прямушкина

Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова, г. Москва, Россия

В последние годы было показано, что магнитный поток солнечных эрупций, рассчитанный по наблюдениям диммингов и постэруптивных аркад, тесно связан с величиной Форбуш-понижений и силой геомагнитных бурь, являющихся следствием этих эрупций. Поскольку в мощных спорадических событиях наблюдается комплекс взаимосвязанных явлений, включающий вместе с выбросами солнечного вещества эффективное ускорение, естественно ожидать связь магнитного потока эрупций и с величиной протонных возрастаний. В представляемой работе проверяется это предположение. Полный магнитный поток эрупций, а также его составные части, связанные с диммингами и аркадами сопоставляются с протонными событиями для энергий протонов >10 и >100 МэВ, наблюдавшимися на спутниках GOES, и наземными возрастаниями солнечных космических лучей.

Radio tomographic studies of the ionospheric effects of particle precipitation

E.S. Andreeva¹, E.D. Tereshchenko², M.O. Nazarenko¹, I.A. Nesterov¹, A.M. Padokhin¹

¹*M.V. Lomonosov Moscow State University, Faculty of Physics, Moscow, Russia*

²*Polar Geophysical Institute, Murmansk, Russia*

The ionization of the upper atmosphere is mainly caused by the X-ray and UV/EUV electromagnetic radiation from the Sun. At the same time, subauroral and auroral ionization is significantly contributed by corpuscular fluxes. Due to the stronger connection to the magnetosphere, the subauroral and auroral ionosphere noticeably differs from the midlatitude ionosphere. The ionization rate in the midlatitude ionosphere is almost fully determined by short-wave solar radiation whereas important role in ion production in the high latitudes is played by particle fluxes from the magnetosphere which are even the only source of ionospheric ionization during polar night. Ionization produced by the corpuscular fluxes from the magnetosphere is typically small compared to the ionization by the electromagnetic radiation; however, its contribution can still be noticeable during the sufficiently strong geomagnetic storms and in the nighttime when ionization of the ionospheric plasma by solar electromagnetic radiation is inefficient.

Our presentation is devoted to studying the ionospheric effects of particle precipitation based on radio tomographic (RT) imaging of the ionosphere. Particular attention is focused on the results of RT reconstructions of the ionosphere which were obtained in the different years at the receiving stations of the Svalbard–Murmansk–Moscow Russian RT chain. We identified particle precipitation events based on the satellite particle flux measurements by the DMSP satellites. We present and discuss the examples of the comparison of the ionospheric RT images with the fluxes of precipitating particles measured by DMSP satellites as well as with the auroral oval data.

The RT images of the ionosphere show multi-extremum patterns of ionization with the presence of wavelike disturbances on the spatial scales from dozens to hundreds kilometers during the severe geomagnetic storms. The spatial scales of corpuscular precipitation in these cases widely varied from a few to ten degrees in latitude. An overall qualitative agreement is observed between the spatial structure of the corpuscular ionization in the RT images and the latitudinal distributions of the fluxes of precipitating particles.

The work was supported by the Russian Foundation for Basic Research (grants 17-05-01250 and 19-05-00941)

Short bursts of photometric signal during auroral atmosphere radiation

A.B. Beletskii¹, R.V. Vasilev¹, T.Ye. Syrenova¹, R.A. Rakhmatulin¹, A.V. Mikhalev¹, A.Yu. Pashinin¹,
A.V. Oinats¹, K. Shiokawa², N. Nishitani²

¹*ISTP SB RAS, Irkutsk, Russia*

²*Institute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, Nagoya, Japan*

In this paper we present preliminary results of synchronous geomagnetic field pulsation measurements and auroral airglow observed at the Istok high-latitude station (ISTP SB RAS). We used data obtained by Lemi-30 three-component induction magnetometer, and PWING project instruments [Shiokawa *et al.*, 2017], which includes VLF loop antenna, riometer, and all-sky camera recording the spatial distribution of the atomic oxygen, hydroxyl, and atomic hydrogen emission intensities. We also used data of photometer with silicon photomultiplier detectors. The photometer is directed to the zenith and allows to record auroral glow variations with 10 ms time resolution. For allocation of the spectral ranges, interference filters with bandpass centers of 391.4 nm, 427.8 nm, 557.7 nm, and 630 nm, and a half-width of 10 nm were used.

Observational data was collected during campaigns in September and November - December 2018. Bursts signals with duration of units to tens milliseconds were recorded in various spectral channels of photometer. These bursts are similar in characteristics to the optical flashes detected at high latitudes in 557.7 nm and 630.0 nm during auroras [Nadubovich, 1970; Kuzakova, 1972], and then at subauroral [Korobtsova, 1981] and medium [Ermilov and Mikhalev, 1989; Mikhalev and Beletsky, 1998] latitudes. Bursts of photometer signals on September 8 and December 1-2, 2018 were recorded under conditions of auroral and geomagnetic pulsation development. The bursts occurrence rate of photometer signals increases just before geomagnetic disturbance appearance and decreases during prominent disturbance. During magnetically quiet days (November 29 and 30, 2018) the bursts occurrence rate does not exceed 2 events in 6 minutes. The bursts occurrence rate during geomagnetic disturbance developments (December 1 and 2, 2018) reached 9 events in 6 minutes. Pronounced variations in the 557.7 nm and 630 nm emission intensity were observed from 10 to 13 UT on December 1, 2018, which were not accompanied by disturbances either in magnetic field or in geomagnetic pulsations.

Ionosphere and upper atmosphere

1. Ermilov S.Yu., Mikhalev A.V. Rapid variations in the optical radiation of the mid-latitudes sky // *Research on Geomagnetism, Aeronomy and Physics of the Sun*. M.: Science. 1989. Vol. 84. pp. 119–125.
2. Korobtsova L.P. Optical emission flare characteristics from observations in Yakutsk // *Inhomogeneities in the ionosphere*. Yakutsk. YF SB USSR Academy of Sciences. 1981. pp. 96–102.
3. Kuzakova L.P. Short-time bursts of integral radiation from auroras // *Geomagnetism and aeronomy*. 1972. V. 12. No. 3. P. 560–561.
4. Mikhalev A, V., Beletsky AB. Television observations of optical flares in the radiation of the mid-latitude night sky // *Research on Geomagnetism, Aeronomy, and Solar Physics*. - Irkutsk: ed. SB RAS, 1998, - Vol. 109.- p. 131-135.
5. Nadubovich Yu.A. Emission flares of 6300 and 5577 Å in auroras // *Geomagnetism and aeronomy*. 1970. V. 10. No. 5. P. 926–929.
6. K. Shiokawa, Y. Katoh, Y. Hamaguchi et al. // Ground-based instruments of the PWING project to investigate dynamics of the inner magnetosphere at subauroral latitudes as a part of the ERG-ground coordinated observation network // *Earth, Planets and Space* 2017 69: 160.

Analysis of the periods of variation of the F2-layer critical frequency during sudden stratospheric warmings (SSW) of 1966–2009 for Kaliningrad station

F.S. Bessarab^{1,2}, Y.N. Korenkov², A.V. Timchenko¹, O.P. Borchevkina^{1,2}, K.G. Ratovsky³

¹*Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad*

²*Kaliningrad Branch Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation (IZMIRAN) Russian Academy of Sciences, Kaliningrad*

³*Institute of solar-terrestrial physics SB RAS, Irkutsk*

The paper presents a study of wave variability in a parameters of the ionosphere during sudden stratospheric warmings. The main objective of the work was to determine the periodic changes in the critical frequency of the F2 layer, which can be associated with the period of the planetary waves generated in the stratosphere during the SSW period. For the analysis, we used an average daily *foF2* values measured at the Kaliningrad ionospheric station (54.6° N, 20° E) and the Irkutsk (52.17° N, 104.18° E) in December – March periods for several years in which a major sudden stratospheric warmings were observed. For all cases considered, low solar activity is common. To detect oscillations with periods of planetary waves in a time sequence of *foF2*, we used the method of continuous wavelet transform. In this paper, special attention was paid to the period from 4 to 10 days, 11-16 and 26-29. It is noted some particular behavior of the spectral energy of said vibrations in the monitoring period.

Determination of temperature in the mesosphere using partial reflection method

S.M. Cherniakov, V.A. Turyansky

Polar Geophysical Institute, Murmansk, Russia

One of properties of the partial reflection radar is ability to receive partial reflections of ordinary and extraordinary transmitted waves from heights of the lower ionosphere. The height profile of the reflected signals can be recorded with the altitude step of 0.5 km. It gives the opportunity to calculate spectral characteristics of the temporal variations at any fixed height. It was found that the components of the time spectrum of the amplitude variations which corresponding to resonant periods of the atmosphere (the acoustic cut-off and the Brunt-Väisälä ones) in certain cases were intensified. For consideration of the cases it was used quite geomagnetic days and passages of the solar terminator as a source of disturbances in the atmosphere which could generate the characteristic frequencies. On the basis of the theory of acoustic-gravity waves and the empirical model of neutral structure and temperature of the atmosphere NRLMSISE-00 identification of the experimental periods corresponding to the atmospheric resonances was executed and calculation of temperature of the neutral atmosphere and sound speed at mesospheric heights was carried out. The received results showed satisfactory consent with data of other independent observations.

Satellite L - and C-two-band radar in the task of monitoring the ionosphere

M.Y. Filippov¹, A.S. Logovsky¹, A.V. Timoshenko¹, Y.V. Yasukevich²

¹*Joint Stock Company «Academician A.L. Mints Radiotechnical Institute», Moscow, Russia*

²*Institute of Solar - Terrestrial Physics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia*

The possibility of application of the developed L- and C- two-band satellite radar, planned to be placed on a low-orbit spacecraft (SC), in order to determine the total electronic content (tec) of the ionosphere on the basis of measured delays of the reflected signal from the Earth's surface is shown. On the basis of models of the ionosphere the requirements of the resolution on the distance coordinate are substantiated. The required accuracy will be achieved through the use of special signals and holographic methods implemented in the equipment of remote sensing of the Earth, which include the applied locator.

Automatic analysis of f_{\min} increases during X-ray solar flares

V.A. Ivanova, K.G. Ratovsky, O.I. Berngardt, I.D. Tkachev

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

Studying ionospheric response to solar flares allows one to investigate plasma processes in the ionosphere and therefore is widely used in ionospheric studies. The growth of the number of ionospheric instruments requires development of algorithms that allow processing a large amount of the data in automatic mode. Development of such automatic techniques is essential for modern geophysical analysis. Institute of Solar-Terrestrial physics have a wide network of ionosondes, both impulse ones and chirp ones, that can be used for analysis of spatio-temporal variation of the ionosphere during solar flares.

In this work we describe the program for study of minimum frequencies of ionogram echoes (f_{\min}) during solar X-ray flares. The program has been tested using data obtained at the Irkutsk (52.4N, 104.3E) and Norilsk (69.2N, 88E) DPS4 digisondes during six X-ray solar flares, where the effects in f_{\min} were observed at both ionosondes. The temporal resolution of the obtained data is 15 minutes.

The program is based on calculating the parameters of the impulse response of f_{\min} and impulse shape of X-ray flare (according to GOES 0.1-0.8 nm channel data) by the same technique: we calculate the delay between the beginning of the increase of the variations of X-ray intensity (or f_{\min}) and the moment when the variation of X-ray intensity (or f_{\min}) falls to 2.7^{-1} of its maximal value. This allows us to calculate the duration of flare and the response to the flare by the same way. We have shown that the temporal resolution 15 minutes is not enough to study fine structure of the ionospheric response during these X-ray flares.

This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research (project No. 18-05-00539 A). HF facilities from Angara Center for Common Use of scientific equipment were operated under budgetary funding of Basic Research program II.12.

The study of the role of intermolecular processes in the kinetics of $N_2(A^3\Sigma_u^+)$ in upper atmospheres of planets of Solar System

A.S. Kirillov¹, R. Werner², V. Guineva²

¹*Polar Geophysical Institute, Apatity, Murmansk region, Russia*

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

We study the electronic kinetics of metastable molecular nitrogen $N_2(A^3\Sigma_u^+)$ in upper atmospheres of N_2 -rich planets. The simulation of $N_2(A^3\Sigma_u^+)$ vibrational populations at the altitudes of upper atmospheres of the planets is made. The mixtures of N_2 - O_2 and N_2 - CH_4 - CO is considered for the atmospheres of Earth and Titan-Triton-Pluto, respectively. The role of molecular inelastic collisions in intermolecular electron energy transfer processes is investigated. The influence of metastable molecular nitrogen $N_2(A^3\Sigma_u^+)$ on the electronic excitation of O_2 and CO molecules in inelastic

Ionosphere and upper atmosphere

collisions is studied. It is shown that the increase in the density of upper atmospheres of the planets leads to more significant excitation of electronically excited O₂ and CO by intermolecular electron energy transfers from N₂(A³Σ_u⁺).

Measurements of the cosmic radio noise absorption at a frequency of 30 MHz in the observatory "Lovozero"

V.I. Kosolapenko, A.A. Galkin (*Polar Geophysical Institute, Apatity*)

A brief description of the riometer (antenna and receiving equipment) designed to measure the absorption of cosmic radio noise at a frequency of 30 MHz installed in the geophysical observatory "Lovozero" (67.97N, 35.01E) of Polar Geophysical Institute is given. An original method for estimating the daily variations of the cosmic radio noise for quiet days (days with no interference and significant absorption) is proposed. Based on this method, a computer program is implemented to calculate cosmic radio noise absorption.

Comparison of two approaches for a point-to-point radio wave ray tracing in analytical medium

D.S. Kotova¹, I.A. Nosikov¹, M.V. Klimenko¹, E.R. Somina²

¹*West Department of Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation, RAS, Kaliningrad, Russia*

²*I. Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia*

In this study comparison of the method of characteristics and the variational method was presented using analytical medium. Both approaches were performed for a HF ionospheric ray tracing. The method of characteristics is used to solve the eikonal equation. The variational method based on optimization of the optical path length (phase distance) with given boundary condition. The features of the both methods interaction were used to obtain the full number of solutions were identified. This technique made it possible to find optimally a set of solutions (ray paths) and calculate the parameters of the radio wave at the desired endpoint (signal attenuation). Thus, this technique combines advantages of both characteristics and variational methods.

This work was supported support by Russian Foundation for Basic Research grant № 18-05-00594.

Monitoring and interpretation of ionospheric irregularities with different spatial scale in the East Siberian region during the geomagnetic storm of May 27-28, 2017

D.S. Kotova¹, I.E. Zakharenkova¹, M.V. Klimenko^{1,2}, V.B. Ovodenko¹, I.V. Tytin^{3,4}, D.V. Chugunin^{1,5}, A.A. Chernyshov^{1,5}, K.G. Ratovsky⁶, N.V. Chirik^{1,2}, M.V. Uspensky⁷, V.V. Klimenko¹, R.A. Rakhmatulin⁶, A.Yu. Pashinin⁶, A.V. Dmitriev⁸, A.V. Suvorova⁸, P.A. Budnikov⁹, J.C. Coxon¹⁰

¹*West Department of Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere, and Radio Wave Propagation, RAS, Kaliningrad, Russia*

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

³*JSC Scientific Research Institute for Long-Distance Radiocommunication, Moscow, Russia*

⁴*M.V. Lomonosov Moscow State University Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics, Moscow, Russia*

⁵*Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

⁶*Institute of Solar-Terrestrial Physics of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia*

⁷*Finnish Meteorological Institute, Helsinki, Finland*

⁸*National Central University, Taoyuan City, Taiwan*

⁹*Fedorov Institute of Applied Geophysics, Moscow, Russia*

¹⁰*Department of Physics and Astronomy, University of Southampton, Southampton, UK*

In this study presents the results of the research of ionospheric irregularities of various scales based on the multi-instrumental data in the East Siberian region in Russia during the geomagnetic storm of May 27-28, 2017. Spatial inhomogeneities of the electron density were observed in the high-latitude ionosphere using ground-based global navigation satellite systems receivers and direct measurements of electron density by low Earth orbit satellites.

According to the UHF radar data, an intense auroral radar backscatter was detected immediately after the initial phase of the geomagnetic storm. At the same time, we recorded fluctuations of the total electron content using GPS receivers and the presence of E-layer irregularities according to the ionosonde data in Norilsk area. The time of registration of the irregularities by several scientific instruments is consistent with the spatial and temporal changes of the field-aligned currents of the second zone based on AMPERE low Earth orbit satellites.

This work was supported by the Russian Science Foundation grant № 17-77-20009.

Triangulation of auroral structures in Barentsburg

B.V. Kozelov, A.V. Roldugin, S.V. Pilgaev, V.F. Grigoriev (*Polar Geophysical Institute, Murmansk-Apatity*)

The precipitations of energetic electrons observed at the Spitsbergen latitude, which manifest themselves in the optical range as auroras, differ in their origin and morphology from the precipitations in other regions of the auroral zone. The electron energy determines the height of the auroral luminescence, which in the experiment can be determined from triangulation observations.

In 2018, optical devices of the Polar Geophysical Institute on the Spitsbergen archipelago were supplemented with an additional camera. The camera is installed in the Barentsburg settlement, 4 km south of the main optical pavilion and has a field of view of about 45 degrees. In patrol mode, the camera is directed to the zenith, which allows, together with the data of the all-sky camera, located in the main optical pavilion, to obtain information about the height of the observed structures of auroras in the vicinity of the zenith. The report contains the parameters of the optical system used for triangulation and examples of the registration of auroral structures.

Ionospheric quasi-periodic oscillations in the Pc5 band as observed by the Sodankylä digital ionosonde

O. Kozyreva¹, A. Kozlovsky², V. Pilipenko¹

¹*Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Sciences, Russia*

²*Sodankylä Geophysical Observatory, University of Oulu, Sodankylä, Finland*

The study is based on the data of the rapid-run ionosonde at the Sodankylä Geophysical Observatory at auroral latitude which routinely performs one-minute sounding since 2007. The ionospheric oscillations corresponding to Pc5 geomagnetic pulsations were found in variations of the virtual height of the F layer and the intensity of ionosonde reflections from E and F layers. Besides that, pulsations of intensity of reflection from E and F layers typically contain essential second harmonic. Our study has shown that some frequencies (and, probably, spatial scales) are persistently highlighted in the ionospheric turbulence which suggests that additional process apart from turbulent cascade is contributing to the observed temporal variability. The ionosphere "2-nd harmonic" oscillations are not related to accompanying geomagnetic Pc5 pulsations or cosmic noise absorption. During many events ionospheric quasi-periodic fluctuations with frequencies in the band ~3-5 mHz are observed without any accompanying geomagnetic ULF activity. The ionosonde observations confirmed the persistent occurrence of quasi-periodic ionospheric inhomogeneities found in Pc5 band during SuperDARN observations.

Relationship the electromagnetic ELF/VLF waves parameters emitted by EISCAT facility with dynamic of the auroral electrojet

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

We present the results of multi-station ground-based observations of low-frequency electromagnetic fields from ionospheric source initiated by powerful high frequency (HF) radio-waves emitted by EISCAT/heating facility. The HF heating modulates the electron temperature in the D-region ionosphere that leads to conductivity modulation. The auroral electrojet electric field with modulated conductivity generates a time-varying current which radiates VLF

Ionosphere and upper atmosphere

electromagnetic waves at the modulation frequency. In this work, we study the relationship between the intensity of the EISCAT-generated ELF/VLF signals and the ionospheric equivalent currents calculated from ground-based magnetometers data (IMAGE stations).

The report is dealing with the results of two heating experiments carried out by AARI in October 2016 and by the China Research Institute of Radio Wave Propagation in November 2017. The components of the ELF/VLF electromagnetic field have been recorded by high-latitude stations, namely “Lovozero”, “Verkhnetulomsky” and “Lotta” at the Kola peninsula, “Kannuslehto” (Sodankylä, Finland), and also at the “Barentsburg” (Svalbard, Norway).

We present some data showing that the time variations of the received ELF/VLF wave amplitudes in about 50% of all cases taken into the statistical analysis are strongly correlated with the variations of the ionospheric equivalent currents. In these cases, we also tried to reveal a relationship between the auroral electrojet dynamic and the parameters of the generated ELF/VLF waves.

Characteristics of atmospheric waves induced fluctuations in O₂ and OH(6-2) airglows observed by the ground-based spectrometer

Weijun Liu, Jiyao Xu, and Wei Yuan*

State Key Laboratory of Space Weather, National Space Science Center, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China

*: e-mail: wyuan@swl.ac.cn

Airglow emissions are controlled by both the chemistry and dynamics. When atmospheric waves propagate through the emissions layers, the airglow emission intensities and the brightness weighted temperatures have different responses. The atmospheric waves induced oscillations in O₂ and OH(6-2) airglows observed at Xinglong of China (40°24' N, 117°35' E) have been extracted. The Krassovsky ratio η is calculated in the gravity, tidal and planetary wave periods. The results show that in the gravity and tidal wave periods: For the O₂, there is a trend for $|\eta|$ increasing with the observed wave periods. The phase ϕ of η are mostly negative, and have no clear trend for it varying with wave periods. However, there are some positive values of ϕ for the short period waves, especially in the range 1-hour to 2-hours. For OH, $|\eta|$ firstly increases with wave period from 1-hour to 3-hours and then has no clear trend for increasing with wave periods as O₂. The phase ϕ is also similar to that of O₂ with positive values in the short wave period, but the averaged value is clear less than that of O₂. The observed phase ϕ of the two airglows is almost negative which means the temperature perturbation always leads intensity perturbation. The planetary waves with periods in the range from 2 to 24 days are successively derived, and then the η is averaged for each period wave. It is indicated that the values of $|\eta|$ are almost a constant and don't change with wave periods. The phase differences of η also have no trend with period.

Modeling vertical and oblique ionograms in artificially disturbed ionosphere based on radiotomographic data

A.M. Padokhin, E.S. Andreeva

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

The paper presents the results of numerical simulation of the propagation of HF radio waves in an artificially disturbed ionosphere during Cyclone-3 vehicle launch from the Plesetsk cosmodrome on December 18, 1991, powerful industrial explosion on the Kola Peninsula on April 8, 1990 and ionospheric modification experiment at the SURA heating facility on August 18, 2011. Radiotomographic crosssections show that artificial ionospheric irregularities during the studied events are quasi-wave perturbations that have a significant effect on the ray paths of the HF radio waves and ionograms of vertical and oblique sounding. This manifests itself in the form of characteristic features of HF ray paths including artificial waveguides to the outer ionosphere heights, multiple reflections from local maxima of the electron density and additional traces on ionograms caused by the passage of traveling ionospheric disturbances.

Using the phase velocities of geomagnetic pulsations for study of the characteristics of the Earth's crust

M.S. Petrishchev, Yu.A. Kopytenko, V.S. Ismagulov

Pushkov Institute of terrestrial magnetism, ionosphere and radio wave propagation of the Russian academy of sciences, St. Petersburg branch, St. Petersburg, Russia

We present the results of applying the method of phase-gradient sounding (PGS) to study the geoelectric characteristics of the Earth's crust. In this method, magnetic gradientometers are used for construction of gradient and phase velocity vectors along the Earth's surface. The magnetic gradientometer consists of three three-component synchronized magnetic stations located in tops of a triangle at small distances (1-5 km) each from the other. The gradient vectors are directed to a local source of the ULF EM disturbances, and the phase velocity vectors - from the source. The vector directions give an opportunity to determine a location of geoelectric anomalies. Values of the phase velocities allow to calculate apparent resistivity of the Earth's crust for different frequencies in ULF range ($F=0.001-10$ Hz). PGS results are presented for several regions of the Baltic Shield.

O-wave and E-wave attached to the partial reflection PGI radar in Tumanny at the noctilucent clouds time on 15 August 2015

V.C. Roldugin, B.V. Kozelov, S.M. Chernyakov and A.V. Roldugin

Polar Geophysical Institute, Apatity, Murmansk Region, Russia

On 15 August 2015 noctilucent clouds were observed over the Kola Peninsula. There were photographed 372 imaged by camera from Apatity and the movie from observation post near Apatity. The optical data are compared with the data of partial reflection radar in Tumanny. When the noctilucent clouds fall into visual field of the radar, significant increase of electron density was registered in D-region, on 85 km altitude and lower. We think that this increase is due to different ratio of amplitudes of o-wave and e-wave: after the NLC occurrence over the radar the amplitude of extraordinary radio wave becomes significantly less than amplitude of ordinary wave.

Evaluation of the impact of the North magnetic pole movement on the calculations for the auroral and subauroral ionosphere

M.V. Rybakov¹, A.A. Namgaladze², Yu.A. Shapovalova³, V.K. Koshelevsky¹, M.A. Knyazeva²

¹*Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation of N.V. Pushkov, St-Petersburg Branch, St-Petersburg, Russia*

²*Murmansk Arctic State University, Murmansk, Russia*

³*Polar Geophysical Institute, Murmansk, Russia*

The paper shows the effect on the electron density in the F2 layer of the ionosphere of the long-period drift (1990–2013) of the north magnetic pole (NMP) through the associated displacements of the auroral oval, the region of precipitation of energy particles and field aligned current zones. The drift impact assessment was performed in the semi-empirical version UAM TM of the UAM model for the subauroral and auroral zones of the northern hemisphere. The calculations were compared with the data of the vertical radio sounding in 2013 at the observatories in Voejkovo, Sodankylä, Tromsø and with the IRI-Plas model. In Voejkovo, sounding was performed by a digital ionosonde CADI, in Sodankylä by an ionosonde Alpha-wolf, in Tromsø - DIGISONDE. Calculations for the IRI-Plas model are corrected by GPRS data, therefore, are used as averaged observational data. In the calculations in the UAM TM model, the shift of the magnetic pole was taken into account as a change in the connection between the geographic and geomagnetic coordinates of the polar cap, the precipitation zone, and the field aligned currents. For all calculations, the position of the polar cap and the corresponding zones of precipitation and field aligned currents were equally calculated in the grid of dipole coordinates from the magnetic pole, but the geographical coordinates of these zones varied depending on the geographical position of the magnetic pole.

Ionosphere and upper atmosphere

The results showed that the entire pattern of critical frequencies of the northern hemisphere layer F2 (foF2) is depended on the NMP drift. The diurnal foF2 graphs were calculated for the positions of the observatories. Forms of these graphs of foF2 observations in 2013 and graphs for the IRI-Plas model are better agreed with the UAM TM calculated graphs for the NMP in 2013 than for the NMP in 1990. For the auroral zone, the foF2 values for the NMP in 2013 are lower than the observed ones, and for the subauroral zone, with the good agreement in the morning and daytime, the foF2 model values are lower in the evening and higher at night. Specifying the shape of the precipitation zones and field aligned currents can improve the agreement of the model and real data.

It is concluded that a significant drift of the NMP for the period 1990-2013 had a strong effect on the electron concentration profile in the northern hemisphere. The effect was especially evident in the calculations for the subauroral zone in the evening and at night, in the auroral zone - during the day.

The influence of the ionosphere on the propagation of low-frequency radio waves from the results of experiments with powerful controlled sources in the experiment "FENICS-2014"

P.E. Tereshchenko¹, A.E. Sidorenko²

¹*Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, the Ionosphere, and Radio Wave Propagation, Russian Academy of Sciences, St. Petersburg*

²*Polar Geophysical Institute, Murmansk*

Based on experimental studies on the reception of signals from a controlled source in the near zone in different geophysical conditions, the presence of field amplitude variations in the lower part of the ELF band and at lower frequencies was noted. At the same time, there is no variation in the VLF range. To assess the factors responsible for this feature of the field behavior, the question of the excitation of the electromagnetic field of the ELF band and lower frequencies in the Earth-ionosphere waveguide was considered and theoretical calculations were proposed showing that the influence of the ionosphere in the near zone can be noticeable at low Earth conductivity.

Simultaneous observations of fast optical events in the Earth's atmosphere by optical devices complex

I.D. Tkachev, R.V. Vasilyev, A.V. Mikhalev, S.V. Podlesny

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS, Russia

In 2018, in the tasks framework RFBR grant, in addition to constant the night sky glow monitoring, a series of experiments were carried out to register fast variations in the spatial intensity distribution of the night sky radiation in the spectral range of 400–900 nm by an optical instruments complex. Measurements were carried out during the new moon period (~ 2 weeks) in cloudless weather on the geophysical observatory territory of ISTP SB RAS. The experiments took place in March, April, October and December 2018. The devices complex includes: A photometer assembled on the basis of SONY ICX285AL CCD matrix and a high-aperture lens Jupiter 3; Highly sensitive optical system created on the basis of the 3rd generation EPM102G-04-22C electron-optical converter (EOC) and the Baumer HXG40NIR camera based on CMOSIS CMV4000 1 matrix; Fast four-channel photometer with sensors based on silicon photomultipliers.

Using the methods and data processing algorithms developed and tested in the previous year of the project, the primary analysis of an obtained data in the experiments described above was carried out. The paper presents a table in which events are indicated that exceed the three sigma threshold, and the number of events simultaneously recorded by two devices is also noted.

During the processing, it was definitely that fast optical events are better distinguished from the data set, if we consider the statistical characteristics not of an integral quantity, but its derivative. When calculating the derivative, it is possible to remove the trend of fluctuations in the glow of the night sky. The fast flashes effect is more pronounced in the standard deviation behavior. The photometer data presented in the work clearly shows how the rapid variations frequency increases in the evening and morning time. Also in the photometer data, we observed prolonged fluctuations (~ 15 min) of the mean-square deviation. Such a change in the mean-square deviation is caused by variations in the intensity of the night sky glow. Why this effect is manifested in the photometer data, and in the EOC data is not so pronounced remains a question for further research.

Thus, the tasks for further work is an automated sampling simultaneously recorded events by several devices using new algorithms, more detailed statistical characteristics study and cause-effect relationships of these events occurrence. Data processing for the entire observation period (2017-2019) and the creation of full recorded events database.

The work was performed within the framework of the RFBR grant No. 17-05-00492. The results were obtained using the equipment of Center for Common Use «Angara» <http://ckp-rf.ru/ckp/3056/>.

Clouds and aerosol in stratosphere and mesosphere: Polarization analysis and trends in the beginning of 21st century

O.S. Ugolnikov, I.A. Maslov

Space Research Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow

As it became obvious since late XIX century, clouds and aerosol can appear not only in troposphere but also in higher layers of the atmosphere of the Earth. Following the strong eruption of Krakatoa volcano in 1883 were the phenomena of red and purple light of dusk segment caused by stratospheric aerosol and discovering of noctilucent (or night-shining) clouds in high-latitude summer mesosphere.

Basic source of stratospheric aerosol is sulfur dioxide of volcanic origin. However, even during the volcanically quiet epochs background aerosol was also observed. It can be partially related with anthropogenic emissions of sulfur-containing substances, and the level of stratospheric aerosol had shown the positive trend in first decade of XXI century. Noctilucent clouds occurrence frequency is also increasing during recent decades, that can be related with negative temperature trend in summer mesosphere caused by radiative cooling mechanism at greenhouse gases molecules. Another factor defining the clouds occurrence is meteor activity.

The work is based on polarization measurements of twilight sky background by all-sky cameras. These measurements can be used to find the mean size of aerosol and cloud particles with accuracy comparable with present lidar and satellite techniques. Mean size of noctilucent cloud particles is directly related with temperature profile of upper mesosphere and can be used as a marker for climate conditions of this layer. As an example, polarization measurements of bright noctilucent clouds in late June 2018 near Moscow had shown the increase of mean particle size to 60 nm, that was in a good agreement with temperature drop down to 125K at 80-82 km in the same time by TIMED/SABER satellite data. This allowed rejecting the hypothesis of clouds relation with meteorite impact in central Russia at June, 21.

Polarization analysis during the whole twilight makes possible to retrieve the vertical profile and total amount of stratospheric aerosol. This value had shown the negative trend in 2011-2018, returning to level of early 2000s in the present time. It shows small influence of anthropogenic factors to the stratospheric aerosol level, and increase in 2000-2010 can be related with medium volcanic eruptions during that period.

All these examples show wide possibilities of color and/or polarization measurements of twilight sky by means of all-sky cameras for different aspects of atmospheric physics, including the recent trends and anthropogenic influences.

Fast variations of the upper atmosphere airglow due to meteor and human activity

R.V. Vasilyev¹, A.B. Beletsky¹, K.I. Ivanov², E.S. Komarova², A.V. Mikhalev¹, S.V. Podlesny¹

¹*Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS*

²*Irkutsk state university, Physical department*

We report about recent researches of the long-lived meteor trails and artificial increasing of the red airglow with 630 nm wavelength (atomic oxygen, $^1D - ^3P$ transition) in the upper atmosphere. Events appear as a spot or ring of the enhanced glow with diameter of hundreds of kilometers and have a lifetime from several minutes till tens of minutes. The phenomena proceed at different height levels and have a different origin, whereas the dynamic in temporal and spatial domain are similar. The data obtained can conclude that both phenomena have the same nature - influence of meteor matter or satellite engine products on the chemical reactions in the upper atmosphere. Statistics and stereoscopy of the events can give us the possibility to separate and control the moments of the satellite engine operations and perform the additional investigations of the mesopause region.

3D structure of upper atmosphere wind from optical and radiophysical observations

R.V. Vasilyev, M.F. Artamonov, A.V. Medvedev, K.G. Ratovsky, M.V. Tolstikov

Institute of Solar-Terrestrial Physics SB RAS

We defined the full vector of the upper atmosphere neutral wind velocity at two height regions: near the maximum of the electronic concentration in lower thermosphere and near the menopause using radiophysical (IS radar, ionosond) and optical (Fabry-Perot interferometer) methods of observations. The wind velocity vector from radiophysical data was derived using internal gravity wave (IGW) parameters observed by triangulation method on Irkutsk IS radar and ionosonde DPS-4. The wind structure from optical data was derived using observation of the Doppler shifted natural airglow lines of oxygen and hydroxyl due to the wind. We found diurnal variation of the vertical wind velocity with value about 10 m/sec for ~250 km height which is absent for ~100 km height level, whereas 100 km vertical wind has the seasonal variation with the similar value. Horizontal wind velocity for both methods is in consistence with the HWM (both 07 and 14) model data.

Positioning of small-scale irregularities of the subauroral ionosphere with help of chirp HF radar bistatic configuration during magnetic storm 22-23 June 2015

G.G. Vertogradov¹, V.P. Uryadov², M.S. Sklyarevsky¹, F.I. Vybornov²

¹*Sothern Federal University, Rostov-on-Don, Russia*

²*Radiophysical Research Institute UNN, Nizhny Novgorod, Russia*

The results of observations of anomalous signals using a chirp ionosonde-direction finder during magnetic storm on 22-23 June 2015 on the Cyprus - Rostov-on-Don path are presented. On the basis of simulation, it is shown that diffuse signals with large delays recorded at frequencies above the MOF through the *F*-layer of the ionosphere are due to the scattering of radio waves by small-scale irregularities of the subauroral ionosphere localized in the vicinity of the southern auroral oval boundary.

Positioning of high-latitude ionospheric irregularities with help of chirp HF radar bistatic configuration on the Alice Spring (Australia) – Rostov-on-Don (Russia) transequatorial path

G.G. Vertogradov¹, V.P. Uryadov², M.S. Sklyarevsky¹, F.I. Vybornov²

¹*Sothern Federal University, Rostov-on-Don, Russia*

²*Radiophysical Research Institute UNN, Nizhny Novgorod, Russia*

The positioning capabilities of high-latitude ionospheric irregularities using the chirp of the ionosonde radio direction finder used as an over-the-horizon HF radar of bistatic configuration on the Alice Springs (Australia) -Rostov-on-Don (Russia) transequatorial path were implemented. It is shown that the anomalous signals observed on the Alice Springs – Rostov-on-Don path, arriving from azimuths 10–25° with delays that exceed the delayed signal by 10–16 ms are caused by scattering of radio waves by irregularities of high-latitude *F*-layer ionosphere localized in the evening sector of the auroral oval at latitudes ~ 70-80°N.

The ground-based airglow observation network over China and some recent observation and research results

Jiyao Xu, Wei Yuan

State Key Laboratory of Space Weather National Space Science Center, CAS

e-mail: xujy@nssc.ac.cn

Topography of China is very complex, which includes wide range of sea, coast, plain, and highest Tibetan Plateau on the Earth. From north to south, it spans from the mid latitude to the tropical climate zone. To well understand topographic effects on the mesosphere and thermosphere, we established the ground-based airglow networks over China, which contains 15 stations. This network has two airglow layers, the OH airglow and the OI airglow. This paper introduces some research results by using the network observations, which include gravity waves induced by thunderstorm and typhoon, effect of Tibetan Plateau, medium-scale TID, and plasma bubble.

The global structure of the thermospheric density caused by auroral heating

Jiyao Xu, Wei Yuan

State Key Laboratory of Space Weather, National Space Science Center, Chinese Academy of Sciences

e-mail: xujy@nssc.ac.cn

We use thermospheric mass densities measured by the accelerometers on satellites of GRACE at ~480 km and CHAMP at ~380 km from 2002–2010 to study the longitudinal and latitudinal distribution of the diurnally averaged thermospheric mass density. The result shows that there are strong longitude variations in the diurnally averaged thermospheric mass density. These variations are global and have the similar characteristics at the two heights under geomagnetically quiet conditions ($A_p < 10$). The largest relative longitudinal changes of the diurnally averaged thermospheric mass density occur at high latitudes from October to February in the Northern Hemisphere and from March to September in the Southern Hemisphere. The positive density peaks locate always near the magnetic poles. The high density regions extend toward lower latitudes and even into the opposite hemisphere. This extension appears to be tilted westward, but mostly is confined to the longitudes where the magnetic poles are located. Thus, the relative longitudinal changes of the diurnally averaged thermospheric mass density have strong seasonal variations and show an annual oscillation at high and middle latitudes but a semiannual oscillation around the equator. Our results suggest that heating of the magnetospheric origin in the auroral region is most likely the cause of these observed longitudinal and latitudinal structures. Our results also show that the relative longitude variation of the diurnally averaged thermospheric mass density is hemispherically asymmetric and more pronounced in the Southern Hemisphere. To check how deep the auroral heating can affect the atmosphere, we analyze the diurnally averaged temperature observed by TIMED/SABER and MIPAS. Results indicate that there is similar structure in the lower thermosphere and the impact of auroral heating on the thermodynamics of the neutral atmosphere can penetrate down to about 105 km under geomagnetically quiet conditions.

Исследование влияния вариаций атомарного кислорода на интенсивность свечения в атмосфере Земли

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

ФГБНУ “Полярный геофизический институт”, г. Анатиты, Россия; e-mail: antonenko@pgia.ru

Обсуждаются особенности кинетики возбуждения электронных уровней энергии кислородных составляющих в атмосфере Земли. Обсуждаются так же процессы релаксации электронно-возбужденных состояний молекулярного кислорода в атмосфере Земли на высотах свечения ночного неба, где наблюдаются высокие концентрации атомарного кислорода. Показано, что рассчитанные колебательные населенности состояний Герцберга имеют различную зависимость от колебательного номера для рассмотренных случаев. Наблюдается хорошее согласие результатов расчета с результатами наземных наблюдений и спектральными данными, полученными с борта космических летательных аппаратов.

Эффективность каналов возбуждения эмиссий 557.7 нм и 630.0 нм в полярных сияниях

Ж.В. Дашкевич, В.Е. Иванов (ФГБНУ “Полярный геофизический институт”, г. Апатиты, Россия)

Высотное распределение эффективности 6-ти основных каналов возбуждения эмиссий 557.7 нм и 7-ти основных каналов возбуждения эмиссии 630.0 нм в условиях полярных сияний исследовались в рамках физико-химической модели, описывающей процессы диссипации энергии высыпавшихся электронов. Показано, что в интервале высот 90-200 км преобладающим каналом возбуждения 1D состояния атомарного кислорода является прямой удар энергичных электронов с молекулярным и атомарным кислородом, $O + e^* \rightarrow O(^1D) + e$ и $O_2 + e^* \rightarrow O(^1D) + e$. Для 1S состояния атомарного кислорода на высотах максимума высотного профиля эмиссии 557.7 нм преимущественным каналом возбуждения является передача энергии от возбужденного молекулярного азота к атомарному кислороду $N_2(A^3\Sigma_u^+) + O \rightarrow N_2 + O(^1S)$. С ростом высоты роль прямого удара $O + e^* \rightarrow O(^1S) + e$ в возбуждение $O(^1S)$ растёт и становится доминирующей на высотах 170-200 км.

Моделирование низкочастотных сигналов в ближней зоне передатчика

И.В. Мингалев, О.И. Ахметов, З.В. Суворова, О.В. Мингалев, Ю.В. Федоренко

ФГБНУ “Полярный геофизический институт”, г. Апатиты, Россия, e-mail: mingalev_i@pgia.ru

В данной работе представлены результаты численного моделирования поля электромагнитного сигнала от искусственного передатчика с частотами 1-100 Гц в волноводе Земля-ионосфера. Длина передатчика около 100 км. Рассматриваются несколько вариантов распределения концентрации электронов в ионосфере, а также несколько вариантов распределения проводимости в литосфере, в том числе наличие разломов в ближней зоне передатчика. Обсуждается влияние концентрации электронов в ионосфере и распределения проводимости в литосфере на зависимость амплитуды сигнала в ближней зоне передатчика от частоты.

Для моделирования использовалась численная модель распространения низкочастотного электромагнитного сигнала в волноводе Земля-ионосфера. Модель основана на численном интегрировании системы уравнений Максвелла в проводящей среде. В литосфере ток определяется по закону Ома, а в ионосфере ток определяется из линеаризованного уравнения потока импульса для электронов с учетом внешнего геомагнитного поля. Для численного интегрирования применяется явная схема, в которой электрическое и магнитное поля вычисляются в одни и те же моменты времени в одинаковых узлах пространственной сетки, а также используется расщепление по пространственным направлениям и физическим процессам. Кроме того, используется противопотоковая аппроксимация пространственных производных (метод Годунова с коррекцией потоков). Схема является консервативной, монотонной, имеет 2-й порядок точности по времени и 3-й по пространственным переменным.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 17-01-00100.

Система уравнений для электромагнитного поля при моделировании крупномасштабных процессов в ионосфере

И.В. Мингалев¹, О.В. Мингалев¹, А.М. Мёрзлый², В.С. Мингалев¹, М.В. Клименко³, В.В. Клименко³

¹ФГБНУ “Полярный геофизический институт”, г. Апатиты, Россия; e-mail: mingalev_i@pgia.ru

²Институт космических исследований, г. Москва

³Калининградский филиал Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова, г. Калининград, Россия; e-mail: maksim.klimenko@mail.ru

В докладе рассматривается проблема полностью самосогласованного описания магнитного и электрического полей при моделировании крупномасштабных процессов в ионосфере. Получена система уравнений для этих полей, которая имеет эллиптический тип, не содержит частных производных по времени и определяет поля в области моделирования в приближении мгновенного дальнего действия по текущему распределению гидродинамических переменных каждой компоненты плазмы и граничным условиям с учетом силового

равновесия электронов вдоль линий магнитного поля. В этой системе уравнений магнитное поле определяется уравнением Гаусса и уравнением Ампера. Плотность тока представлена как функция от магнитного и электрического полей, а также гидродинамических параметров ионов и электронов. Соленоидальная часть электрического поля определяется векторным уравнением Пуассона, в правой части которого стоит частная производная полного тока по времени, которая представлена как функция от магнитного поля и гидродинамических переменных каждой компоненты плазмы. Потенциальная часть электрического поля определяется из условия силового равновесия электронов вдоль линий магнитного поля. Рассматриваются системы уравнений, описывающие динамику F и E-слоев ионосферы. Обсуждаются схема численного интегрирования этих систем вместе с полученными уравнениями для полей.

Работа О.В., И.В. и В.С. Мингалевых выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 17-01-00100.

Моделирование условий радиосвязи в КВ диапазоне в Арктике при различных геофизических условиях

И.В. Мингалев¹, З.В. Суворова¹, А.М. Мерзлый², В.С. Мингалев¹

¹ФГБНУ “Полярный геофизический институт”, г. Анапиты, Россия

²Институт космических исследований (ИКИ), г. Москва, Россия

Представлено краткое описание модели для расчета лучевых траекторий коротких радиоволн и поглощения этих волн на траекториях. Эти расчеты проводятся в приближении геометрической оптики с учетом анизотропии ионосферной плазмы и отклоняющего поглощения за счет столкновений электронов без каких-либо упрощений. Для расчета концентрации и температуры электронов в ионосферной плазме используется эмпирическая модель ионосферы IRI-2016, а для расчета частоты их столкновений используются температура и концентрации нейтральных составляющих атмосферы, рассчитанные с помощью эмпирической модели NRLMSISE-00. Представлены результаты расчетов по возможностям односкачковой связи в КВ диапазоне в арктическом регионе в разное время суток при различных геофизических условиях и проводится обсуждение этих результатов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 17-01-00100.

Естественные электромагнитные шумы УНЧ-КНЧ диапазона 5-20 Гц в F-слое ионосферы по данным спутников SWARM

Н.С. Носикова^{1,2}, Н.В. Ягова¹, В.А. Пилипенко¹, Е.Н. Федоров¹

¹Институт физики Земли РАН, г. Москва, Россия

²Национальный исследовательский ядерный университет “МИФИ”, г. Москва, Россия

³Институт космических исследований (ИКИ), г. Москва, Россия

Исследуются свойства импульсных и квазипериодических возмущений в ионосфере Земли на высотах F-слоя по данным спутников SWARM. Для разделения источников магнитосферного и атмосферного происхождения используются данные магнитосферных спутников и база данных по молниевым разрядам. Существенным отличием колебаний магнитного поля вблизи частоты первого шумановского резонанса на Земле и в верхней ионосфере является то, что в ионосфере частота выделена слабо и в магнитном поле может проявляться только при редких сильных событиях. Проведен отбор молниевых разрядов экстремальных амплитуд и методом наложенных эпох оценена максимальная амплитуда сигнала в ионосфере в диапазоне шумановского резонанса, возможно связанная с проникновением сигнала в ионосферу. Полученные значения сравниваются с результатами численных расчетов проникновения отклика магнитного поля в ионосфере на молниевый разряд.

Работа поддержана грантом РФФИ 18-05-00108.

Регистратор электромагнитного поля ОНЧ/НЧ диапазона

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

ФГБНУ “Полярный геофизический институт”, г. Апатиты, Россия

В настоящее время в обс. ПГИ Ловозеро ведутся патрульные наблюдения компонент электромагнитного (ЭМ) поля в диапазонах частот: от 0.001 Гц до 5 Гц магнитовариационной станцией (МВС), от 0.01 Гц до 500 Гц КНЧ/СНЧ приемником и от 30 Гц – 14 кГц СНЧ/ОНЧ приемником. В целях расширения регистрируемого диапазона частот ЭМ поля разработан и введен в опытную эксплуатацию ОНЧ/НЧ приемник, с рабочим диапазоном частот 5-50 кГц.

Приемник разработан на основе микроконтроллера LPC4357, оснащенного ядром Cortex-M4. Блок аналого-цифрового преобразователя выполнен с использованием микросхем AD7767, позволяющих производить оцифровку данных с частотой дискретизации до 128 кГц. В качестве источника опорной частоты тактового сигнала устройства использован специализированный GPS/ГЛОНАСС приемник u-blox lea-m8t, оснащенный высокостабильным генератором с термокомпенсацией. Особенности приемника являются гальваническое разделение цифровой и аналоговой частей и высокоточная привязка отсчетов данных к мировому времени. Приемник оснащен антенной системой сравнительно небольших размеров, что позволяет его эксплуатировать как обсерватории, так и в полевых условиях.

Ввод в эксплуатацию данного приемника позволяет производить регистрацию как искусственных сигналов радионавигационных ОНЧ/НЧ передатчиков, так и сигналов естественного происхождения, в частности высокочастотных ОНЧ электростатических колебаний и авроральных шипений.

Исследование особенностей F-рассеяния в зимний период по данным спутника ИК-19

В.А. Телегин, Н.А. Дятко, И.В. Кочетов

*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН,
г. Москва, г. Троицк, Россия*

В настоящей работе выполнена оценка частоты появления разных типов F-рассеяния в различных интервалах инвариантных широт в зависимости от локального времени. Исследования проведены для зимнего периода на основе данных, полученных с использованием ионозонда ИС-338, установленного на борту спутника ИК-19.

Об ориентации поперечной анизотропии мелкомасштабных неоднородностей F-области в направлении дрейфа над Москвой в январе 2014 года

В.А. Телегин¹, Н.Ю. Романова², В.А. Панченко¹, Г.Н. Жбанков³

¹*Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН,
г. Москва, Россия*

²*ФГБНУ “Полярный геофизический институт”, г. Мурманск, Россия; e-mail: romanova@pgi.ru*

³*НИИ физики южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону, Россия*

Данная работа является продолжением исследования связи направления дрейфа $\mathbf{E} \times \mathbf{B}$ и ориентации поперечной анизотропии мелкомасштабных (несколько сот метров) неоднородностей F-области над Московским регионом. Проведено численное сопоставление этих экспериментальных данных, полученных в январе 2014 года. Направление дрейфа электронов определено с помощью ионозонда DPS-4, установленного в ИЗМИРАН. Ориентация поперечной анизотропии определена методом математической обработки спутникового радиосигнала, принятого наземным томографическим приемником, установленным в МГУ. Получено хорошее согласие между экспериментальными данными. Оно объясняется тем, что направление дрейфа было определено в области максимально близкой к пространственному положению мелкомасштабных неоднородностей.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 19-05-00941.

Спектральный анализ сигналов когерентного эха от ионосферных неоднородностей

И.В. Тютин

ОАО «НПК «НИИДАР», г. Москва, Россия

С геомагнитной бурей связана цепочка событий и явлений, происходящих в космической среде. Высокоскоростная плазма солнечного ветра проникает в околоземное космическое пространство, деформируя структуру магнитосферы Земли и передавая возмущение в систему термосфера-ионосфера. Ионосфера Земли играет ключевую роль в космической радиосвязи, радиолокации, навигации и эксплуатации спутниковых навигационных систем. В работе представлен спектральный анализ ионосферных неоднородностей различных масштабов над Норильском во время геомагнитной бури. Радар УКВ диапазона регистрировал интенсивное авроральное обратное рассеяние на высотах E области сразу же после окончания начальной фазы геомагнитной бури.

Аномальное изменение поглощения ППШ в период дневной фазы эффекта день-ночь вариации

В.А. Ульев, Д.Д. Рогов, А.В. Франк-Каменецкий

*Арктический и Антарктический Научно-исследовательский институт (АНИИ), г. Санкт-Петербург
e-mail: vauliev@yandex.ru*

Рассмотрено явление ППШ, происшедшее 11 – 15 сентября 2017г., зарегистрированное риометрами на трёх станциях, расположенных в центре антарктической полярной шапки: Восток, Мирный и Прогресс. На всех станциях во время ППШ проявляется эффект день-ночь вариации (ДНВ): повышенные поглощения в местные утренние и дневные часы (дневная фаза ДНВ) и пониженные поглощения – в местные вечерние и ночные часы (ночная фаза ДНВ).

Тенденция резкого повышения поглощения на дневной фазе ДНВ в утренние часы сохраняется на всех станциях почти во все дни ППШ. Однако 13 сентября на ст. Восток и Прогресс на дневной фазе ДНВ в утренние (и отчасти в дневные) часы поглощение возрастает очень медленно. Такое медленное возрастание названо утренне-дневной аномалией (УДА) поглощения. При этом на станции Мирный эффект УДА отсутствует. Эффект УДА обнаружен впервые.

Предполагается, что эффект УДА обусловлен атмосферными (прежде всего приливыми) волнами, распространяющимися из тропосферы вверх в мезосферу, куда проникают потоки солнечных протонов, вызывающие ППШ. Волны влияют на химический состав мезосферы, что и приводит к уменьшению поглощения в утренние (и отчасти в дневные) часы, т.е к проявлению эффекта УДА.

Утренне-дневная аномалия изменения поглощения ППШ в период дневной фазы эффекта день-ночь вариации

В.А. Ульев¹, Д.Д. Рогов¹, А.В. Франк-Каменецкий¹

*Арктический и Антарктический Научно-исследовательский институт (АНИИ), г. Санкт-Петербург
e-mail: vauliev@yandex.ru*

Рассмотрены 3 явления ППШ (поглощения типа полярной шапки), происшедшие в период 2 – 16 сентября 2017 г., зарегистрированные риометрами на трёх станциях, расположенных в центре антарктической полярной шапки (Восток, Мирный и Прогресс). На всех станциях во время ППШ проявляется эффект день-ночь вариации (ДНВ): резкое повышение поглощения в местные утренне-дневные часы (дневная фаза ДНВ) и резкое уменьшение поглощения – в вечерне-ночные часы (ночная фаза ДНВ). В дневные часы вариация поглощения аналогична изменению интенсивности потоков протонов (ПП) солнечных космических лучей, с энергией $E_p > 10$ МэВ, вызывающих явления ППШ.

Эти тенденции (резкое повышение поглощения в утренние часы на дневной фазе ДНВ и соответствие вариации дневного поглощения ППШ изменению интенсивности ПП в этот же период) сохраняются на всех

Ionosphere and upper atmosphere

станциях почти во все дни ППШ. Однако 13 сентября на всех станциях на дневной фазе ДНВ в утренние часы поглощение возрастает очень медленно, и вариация поглощения не соответствует изменению интенсивности ПП в этот период. Аномальное изменение поглощения в утренне-дневные часы во время эффекта ДНВ названо эффектом утренне-дневной аномалией (УДА). Эффект УДА обнаружен впервые.

В работе анализируются возможные причины проявления эффекта УДА: влияние ПП, вызывающих ППШ, на температурный и динамический режим мезосферы, влияние интенсивности потока гравитационных волн на температуру верхней мезосферы.

Влияние солнечной и магнитной активности на ионосферный КВ канал по данным наклонного зондирования в сентябре 2017 г.

В.П. Урядов, Ф.И. Выборнов, А.В. Першин

НИРФИ ННГУ им. Н.И. Лобачевского, г. Нижний Новгород

Представлены результаты экспериментальных исследований вариаций параметров ионосферного КВ канала во время солнечной и магнитной активности в сентябре 2017 г. по данным наклонного ЛЧМ-зондирования. Обнаружен предбуревой эффект повышения FMНЧ (максимальной наблюдаемой частоты) на трассах наклонного зондирования. Установлено, что отрицательная фаза магнитной бури привела к сильной деградации ионосферного канала и длительному отсутствию приема КВ-сигналов на субавроральных трассах и в меньшей степени на среднеширотной трассе. В активный период бури диапазон частот прохождения КВ сигналов $\Delta f = \text{FMНЧ} - \text{FNНЧ}$, т.е. разность между максимальной и наименьшей наблюдаемыми частотами, сократился в 2-3 раза по сравнению с невозмущенной ионосферой. Показано, что во время магнитной бури на субавроральной трассе условия распространения через спорадический слой Es существенно лучше, чем распространение F-модой через верхнюю ионосферу.

Specificities of the vertical temperature profile in hilly terrain and its influence on the estimation of the urban heat island intensity in Apatity

V.I. Demin, B.V. Kozelov (*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*)

The study of the air temperature distribution in hilly terrain at the Kola Peninsula has been carried out. Air temperature profiles were measured with a drone up to 250 meters above the ground. At wintertime the vertical temperature profiles within the surface layer over the plain differ from the vertical gradient over the hilly terrain where the radiative cooling under the clear sky conditions leads to the cold air drainage and formation of the cold air pools in low lying areas.

Apatity is located at the upper part of the hill, which is 20-70 meters above surrounding plain. The urban heat island effect and cold air drainage causes the warmer air temperatures in the city in comparison with the nearby suburban and rural areas. In winter the mean temperature difference is 1-3°C, but it can reach 10-15°C in extreme cases.

Weather stations and drone measurements show that the urban air temperature does not exceed the temperature at the same height outside the city including the rural hilltops. There is no reason to conclude that there is the intensive urban heat island because the warm anomaly with the intensity up to 15-18°C occurs at the same time on rural hilltops without any anthropogenic influence. Such significant temperature differences in hilly terrain are caused by the long-time radiative cooling during the polar night.

Modeling of infrasound wave propagation in the atmosphere from the Vitim and Chelyabinsk bolides

E.A. Kasatkina^{1,2}, O.I. Shumilov^{1,2}

¹*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*

²*Institute of North Industrial Ecology Problems, Kola Science Centre RAS, Apatity, Russia*

The results of modeling of the infrasonic signal propagation from Vitimsky (September 24, 2002) and Chelyabinsk (February 15, 2013) fireball explosions are presented. For calculations, the method of ray tracing modified for infrasonic waves was used, and atmospheric models MSISE 2000 and HWM07 were used. The data of infrasonic wave and ionospheric effect registrations at Kola Peninsula stations located at distances of about 4,000 and 2,000 km from the sites of the Vitimsky and Chelyabinsk bolide explosions respectively are presented. According to the preliminary model simulations, it was found that atmospheric conditions were favorable for the emergence of atmospheric acoustic ducts and propagation of infrasonic signals from these sources in the north-west direction.

Intensities of first and second positive system bands of N₂ in the Earth's middle atmosphere during precipitations of relativistic electrons

A.S. Kirillov, V.B. Belakhovsky (*Polar Geophysical Institute, Apatity, Murmansk region, Russia*)

Relativistic-energy electrons (with the energy > 1 MeV) at near Earth space are produced at the outer radiation belt. The study of trapped relativistic electrons is one of the main directions of space weather because these electrons can destroy the equipment on satellites that even can lead to loss of the satellite. The relativistic electron precipitation (REP) into the atmosphere is one of the main mechanisms of the losses of outer radiation belt. REP is caused by the interaction of electrons with the low-frequency electromagnetic waves and mostly confined to subauroral latitudes.

The REP changes the chemical composition of the upper stratosphere and low thermosphere participating in creation of odd nitrogen (NO_x=N, NO, NO₂) which reduce the ozone content in atmosphere. Also, the energetic electrons penetrating in the middle atmosphere lead to enhanced ionization, dissociation, electronic and vibrational excitation of main atmospheric components. In scientific literature there are the profiles of ionization rates in the Earth's middle atmosphere induced by relativistic electron precipitations. Main aim of the paper is the study of electronic kinetics of N₂ triplet states in the middle atmosphere during relativistic electrons penetrations taking into account collision processes at the altitudes.

The results of calculations of emission intensities of first (750 nm and 670 nm) and second (337 nm) positive molecular nitrogen systems in the Earth's atmosphere during the precipitation of relativistic electrons (100 keV - 10 MeV) are presented. The calculation takes into account the quenching of triplet states of nitrogen in molecular collisions with the participation of N₂ and O₂ molecules. Firstly, it is shown that there is a significant decrease in the

Low atmosphere, ozone

emission rates of the bands of N₂ first positive system at lower altitudes in comparison with ones of the bands of N₂ second positive system.

This work is supported by the grant 18-77-10018 of Russian Science Foundation.

Microwave observation of middle atmosphere ozone during polar night in December 2017 and 2018 at Apatity

Y.Y. Kulikov¹, A.F. Andriyanov¹, V.I. Demin², A.S. Kirillov², B.V. Kozelov², V.G. Ryskin¹, V.A. Shishaev²

¹*Institute of Applied Physics, Nizhny Novgorod, Russia*

²*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*

We present data continuous series of microwave observation of the middle atmosphere ozone in December 2017 and 2018. Measurements were carried out with the help of mobile ozonemeter (observation frequency 110836.04 MHz) which was established in Polar Geophysical Institute at Apatity (67N, 33E). The parameters of the device allow to measure a spectrum of the emission ozone line for time about 15 min with a precision of ~ 2%. 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 with the data of ozonesonde at station Sodankyla (67N, 27E). The microwave data on the behavior of mesospheric ozone (altitude 60 km) indicate the presence of both photochemical and dynamic components in its changes.

The work was supported by the RFBR grant 18-45-520009.

GNSS-R estimations of snow depth in Northern Europe

A.M. Padokhin, S.A. Kalashnikova, N.A. Tereshin (*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*)

The results of snow depth estimation by GNSS reflectometry (GNSS-R) are presented. We consider seasonal snow accumulation, which is important for climate system, based on the data of several IGS permanent stations in Northern Europe. We discuss the accuracy of such estimations and the influence of the terrain slope on the obtained results.

Сравнения событий возрастания гамма-фона при осадках в высокогорье и равнинной местности

Ю.В. Балабин, Б.Б. Гвоздевский, А.В. Германенко, Е.А. Маурчев, Е.А. Михалко, Л.И. Щур, В.Ф. Григорьев

ФГБНУ “Полярный геофизический институт”, г. Апатиты, Россия

К настоящему времени наблюдения за мягким фоновым гамма-излучением (20-400 кэВ) в приземном слое атмосферы проводятся на нескольких станциях, которые можно разделить по месту расположения. Полярные равнинные станции Баренцбург, Апатиты, Тикси расположены за полярным кругом. Станции Якутск и Ростов находятся в равнинной местности. Две станции Хулугай (3000 м) и Нейтрино (1700 м) являются высокогорными. На всех указанных станциях измерения выполняются на однотипных детекторах, изготовленных в лаборатории космических лучей ПГИ. На станциях в течение всего года наблюдаются возрастания гамма-фона при осадках. Возрастания происходят только в электромагнитной компоненте, возникающей в атмосфере от космических лучей. Сравнение характеристик возрастаний (амплитуда, длительность, наличие локальных максимумов и др.) показывает, что в первую очередь влияющим на характеристики возрастаний является высота над уровнем моря. Тогда как отличия, связанные с другими географическими особенностями станции (широта, прибрежное или континентальное расположение), не столь существенны. Дается возможное объяснение этому различию.

О влиянии солнечной радиации на формирование острова тепла в г. Апатиты

В.И. Демин¹, Б.В. Козелов¹, Ю.А. Горбань², Ю.В. Меньшов³

¹ФГБНУ "Полярный геофизический институт", г. Апатиты, Россия

²СЗФ ФГБУ "Авиаметтелеком Росгидромета", г. Мурманск, Россия

³Территориально-ситуационный центр ФКУ Упрдор «Кола», г. Петрозаводск, Россия

Поглощение и сохранение городом солнечной энергии является одной из основных причин возникновения «городского острова тепла». Несмотря на большую площадь поглощающих поверхностей, и значительную продолжительность солнечного сияния летом (включая и период полярного дня), дневные температуры воздуха в г. Апатиты и его окрестностях из-за сильного турбулентного перемешивания отличаются незначительно (~0.5°C). Наибольшие различия (до 6–8°C) возникают в ночные часы или в период с отрицательным радиационным балансом, существующий при низкой высоте Солнца над горизонтом. Анализ метеорологических измерений показал, что разность ночных температур в городе и в верхней части фонового холма не зависит от количества накопленной в искусственных конструкциях (стены зданий, дороги и т.д.) в предшествующий дневной период солнечной радиации. Главным фактором возникновения положительной аномалии в г. Апатиты является его положение в верхней части холма.

Концентрации приземного озона в г. Апатиты в аномально жаркие периоды 2018 г.

В.И. Демин, В.А. Шишаев (ФГБНУ "Полярный геофизический институт", г. Апатиты, Россия)

В июле и начале августа 2018 г. концентрации озона в г. Апатиты в приземном слое оказались значительно выше своих характерных многолетних значений (до 114 мкг/м³ при средних максимальных около 60 мкг/м³). Эпизоды с повышенными для региона концентрациями пришлись на период аномально жаркой и сухой погоды и могли быть вызваны сочетанием условий, способствующих фотохимической генерации озона: ясная солнечная погода, максимальные температуры воздуха превышали +30°C, в воздухе присутствовали продукты горения от лесных и тундровых пожаров.

Особенности распределения температуры воздуха над Кольским заливом в г. Мурманске

М.О. Кузнецова¹, Б.В. Козелов², В.И. Демин²

¹Мурманский государственный технический университет, г. Мурманск

²ФГБНУ "Полярный геофизический институт", г. Апатиты, Россия

В период с сентября 2017 по январь 2018 гг. проводились измерения температуры воздуха в г. Мурманске вдоль моста над Кольским заливом. Для измерения использовался установленный на автомобиль прибор, в состав которого входит цифровой термодатчик DS18S20 и GPS-приемник. Температура воздуха и координаты одновременно записывались в память прибора с временным разрешением 7-8 секунд. Несмотря на разность температуры воды и воздуха, достигающей в это время года 10-15°C, тепляющий эффект залива оказался слабым и, по предварительным оценкам, не превышающим 0.5-0.7°C.

Результаты численного моделирования зарождения крупномасштабных вихрей в земной тропосфере в области внутритропической зоны конвергенции

И.В. Мингалев, К.Г. Орлов, В.С. Мингалев

ФГБНУ "Полярный геофизический институт", г. Апатиты, Россия

Ранее в Полярном геофизическом институте была разработана региональная трехмерная нестационарная математическая модель горизонтального и вертикального ветра в нижней атмосфере Земли. Эта модель основана на численном решении уравнений неразрывности и движения для горизонтальных и вертикальной

компонент скорости вязкого сжимаемого газа, а также уравнения теплового баланса, в котором учитываются процессы нагрева-охлаждения воздуха как за счет поглощения-испускания инфракрасного излучения, так и за счет фазовых переходов водяного пара в микрокапли воды и частицы льда. В этой модели вертикальная скорость газа находится не из условия гидростатического равновесия, как в большинстве подобных моделей, а путем численного решения полного уравнения движения для вертикальной компоненты скорости без пренебрежения какими-либо членами, т.е. модель является негидростатической. Эта математическая модель позволяет рассчитывать зависящие от времени пространственные распределения плотностей воздуха, водяного пара, микрокапель воды и частиц льда, зональной, меридиональной и вертикальной компонент скорости смеси воздуха и водяного пара, а также температуры атмосферного газа на отрезках времени порядка суток и более в пространственно ограниченной трехмерной области моделирования, которая представляет собой часть шарового слоя над ограниченным участком земной поверхности и которая по высоте простирается от 0 до 15 км.

Ранее кратко описанная выше математическая модель ветровой системы земной атмосферы применялась для численного исследования процессов зарождения крупномасштабных горизонтальных вихрей в земной тропосфере в области внутритропической зоны конвергенции (ВЗК). Однако, результаты этих исследований были изложены в серии работ, которые были опубликованы в разрозненных научных изданиях. Целью настоящей работы является обзор и обобщение всех упомянутых выше ранее опубликованных результатов, а также их интерпретация при помощи единого физического механизма, в котором возникновение выпуклых участков длиной 800-1000 км в очертаниях ВЗК играет главную роль в зарождении крупномасштабных вихревых течений (циклонов и антициклонов) в окрестностях ВЗК в нижней атмосфере Земли.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ № 17-01-00100.

Эталонные расчеты поля солнечного излучения в нижней и средней атмосфере Земли

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

*ФГБНУ “Полярный геофизический институт”, г. Апатиты, Россия
e-mails: mingalev_i@pgia.ru; orlov@pgia.ru; godograf87@mail.ru*

В данной работе представлены результаты эталонных расчетов потоков солнечного излучения в атмосфере Земли на средних широтах в диапазоне $2000-50000\text{ см}^{-1}$, выполненных с разрешением по частоте 0.001 см^{-1} при наличии облачных слоев нижнего, среднего и верхнего ярусов, обладающих большой оптической толщиной. Целью данной работы было исследование границ изменения скорости нагрева атмосферы солнечным излучением, при наличии указанных облачных слоев, а также влияния этих слоев на поле собственного излучения атмосферы. В расчетах использовались равномерная сетка по высоте с шагом 200 метров и равномерная сетка по зенитным углам с шагом менее 9 градусов. Коэффициенты молекулярного поглощения рассчитывались с использованием спектроскопической базы данных HITRAN 2012.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект 17-01-00100

The effect of space weather in the polar cusp on human body at the Spitsbergen archipelago

N.K. Belisheva (*Research Centre for Human Adaptation in the Arctic KSC RAS, Apatity, Russia*)

The unique data characterizing morbidity of the population in the Russian settlements of the Barentsburg (1980–2008) and of the Pyramid (1980–1998), were selected for the study effect of the space weather in the polar cusp on the human body at the Spitsbergen archipelago. To characterize the space weather, the extend geophysical and solar data were used in the work. Geophysical feature of the arch. Spitsbergen is its location in the cusp region - a kind of funnel on the dayside of the magnetosphere with near zero magnetic field magnitude. The open field lines of the cusp are connected with those of the interplanetary magnetic field (IMF), which allows the shocked solar wind (SW) plasma of the magnetosheath to enter the magnetosphere and to penetrate to the ionosphere. The effects of the interactions of the SW with the Earth's magnetosphere as well as a multiple phenomena originating as consequences of such interactions in the cusp areas, are referred to the space weather. The feature of the cusp is the existence of the geomagnetic pulsations not only in the period of geomagnetic disturbances, but also during the quiet period. One was shown that narrow band waves at frequencies ~0.2 to 3 Hz [Le et al., <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20010028950.pdf>] are a permanent feature in the vicinity of the polar cusp. It is an established fact that the daytime polar cusp latitudes are typically characterized by very long period (T ~ 4-60 min) geomagnetic pulsations observed both in daytime and nighttime hours [Kleimenova et al., 1996; Kozyreva, 2013]. Diverse radiation (from ULF to VHF) and waves in the field of polar cusp, covering the entire range of the body rhythms, give credit for studying the effects of space weather in the polar cusp. Assessment of the relationship between the dynamics of the monthly and the annual values of the morbidity in Russian settlements and average monthly magnitudes indicators of space weather revealed that, practically, the all forms of morbidity are associated with solar activity (SA): with F10.7 index, with variations of SW, with IMF parameters, with indices of the local geomagnetic activity (GNA) in the polar cusp. It was found that mental disorders (MD) are associated with the variability of the SW and the radio emission of the Sun, as well as the incidences of the injuries and the poisoning. A high degree association of the diseases of arteries, arterioles and veins (DAAV) with parameters of the SW and with indices of the GMA in the polar cusp, was shown. A high sensitivity of the female organism to variations of space weather in the polar cusp was revealed. The differences in the links between the morbidity and indices of geocosmic agents were revealed for the polar day and for the polar night. Significant correlation between MD and the DAAV, between MD, DAAV and solar activity in polar day and their absence during the polar night indicated common causes of the morbidity associated with geophysical agents in the polar day. It was found that diverse diseases are associated with a difference combination of the separated characteristics of the SV, INF, GMA, and SA, the significance of which for the morbidity varies with the season. One shown the certain diseases are associated only with the polar day or only with the polar night. In general, the polar day is characterized by a larger number of influencing physical agents on the human body, than the polar night. Therefore, it is highly desirable to conduct daily monitoring of the state of the body during the polar day and the polar night in order to identify the degree of sensitivity of the body state to variations of geocosmic agents depending on the season of the year. It is especially important to study the dependence of the functional activity of the brain on the long-period oscillations that could be affect on the sensory sensitivity [Filippov, 2011], the vigilance mechanisms, the state of the changed consciousness [Aladzhhalova, 1979]. The task of studying the labour activity in the difficult arctic conditions should include the search of criteria for identification of the person mental state, the capacity to the responsible work, as well as predicting a shift in the functional state of the brain. The solution of such a problem should take into account the possibility of modulation of the mental and of the physiological state of people of the dangerous professions by the high latitude geocosmic agents, the effects of which might also express in the seasonal manifestation of morbidity.

Biorhythms in northern arboreal plants at solar cycle descend phase

P.A. Kashulin, N.V. Kalacheva, E.Y. Zhurina, M.V. Smirnova, V.K. Zhirov

Polar-Alpine Botanical Garden-Institute, Apatity, Russia

The comparative monitoring of northern trees photosynthetic performance was conducted in terms of foliage red chlorophyll fluorescence measurements in situ for a number of indicator wild and cultural plant species vegetated at Kola North. The daily data for outdoor plants are presented for 5 vegetative seasons since summer of 2014 yr, and the year-round monitoring data also for the indoor plants, respectively. The climate factor values measured locally near the plant blades were as follows: PAR, UV, atmosphere pressure, temperature and humidity. The fluorescent parameters obtained with PAM-2100, «WALZ, Effetrich» apparatus were as follows: Fo and Fm – minimal dark and maximal light induced chlorophyll emissions, respectively; relation (Fm – Fo)/Fm which was treated as photo-system

II maximal photochemical quantum yield. The chlorophyll fluorescence measurements for the species: *Salix caprea* L., *Populus tremula* L., *Betula pendula* Roth, *Lonicera edulis* Turcz. Ex Freyn., *Lonicera tatarica* L., *Syringa josikaea* Jacq. fil were carried out daily from onset of June to October for every year. Under indoor lab conditions the cultural forms of *Ficus benjamina* "Danielli" and vine *Pereskia aculeate* were used.

The either chaotic or cyclic temporal patterns of fluorescent data protocols were revealed in various years and months. Character of the dynamical features was species and bade crone position dependent also. As a whole the chaotic patterns were prevailed in 2014-2015 yrs and lasting robust cycles in 2017-2018 yrs, respectively.

The most robust cycles registered were as follows: circaseptan and circasemiceptan, the cycles about 14-day, as well as a number of more prolonged periods were found also. The robust 27-day recurrent cycles or near so ones were registered in indoor plants since summer of 2017 yr up now. The advanced plant reactions with two temporal gap classes: shot-term (2-3 days) and long-term (6-8 days) ones on the eve of the large-scale Solar mass injections were registered.

The plausible casual-effect links of the plant photosynthesis performance with climatic, geophysical indices and plausible cosmic provenance of the cycles found are considered.

Solar signals in Arctic tree-ring indexes

O.I. Shumilov^{1,2}, E.A. Kasatkina^{1,2} and M. Timonen³

¹*Polar Geophysical Institute, Apatity, Russia*

²*Institute of North Industrial Ecology Problems, Kola Science Centre RAS, Apatity, Russia*

³*Natural Resources Institute Finland (LUKE), Rovaniemi, Finland*

To analyze the possible Sun-climate connection the regional tree-ring chronology covering the period from 1445 to 2005 was analyzed. Tree-ring data of pine *Pinus sylvestris* L. were sampled near the northern tree-line at Loparskaya station (68.6 N, 33.3 E) and Finnish Lapland. The oldest living tree had age more than 560 years. In the data processing we used modern methods of tree-ring analysis (cross-dating and standardization) with the help of COFECHA and ARSTAN programs. The analysis revealed significant cooling events, coinciding with the main minima of solar activity: Spoerer (1400-1540), Maunder (1645-1715), Dalton (1790-1830), and Gleissberg (1880-1910) Grand Solar Minima. The application of wavelet decomposition analysis identified the existence of the main cycles of solar activity (5.4, 11.7, 22, and 80-100 years) in tree-ring width variations. The main solar factors influencing on atmosphere and climate are solar radiation and galactic cosmic rays (GCR). Note, that GCR act the cloud cover of the atmosphere. As solar and cosmic ray activity indicators we used the geomagnetic *aa* index, annual sunspot number and Be¹⁰ cosmogenic isotope records. In the processing we used the cross wavelet transform and wavelet coherence analysis. These results confirm the existence of solar activity effect on climate and tree growth above the Arctic Circle.

Медико-биологические эффекты воздействия геокосмических агентов на организм человека в условиях арх. Шпицберген

Н.К. Белишева, А.А. Мартынова, С.В. Пряничников, Н.Л. Соловьевская, Т.С. Завадская, В.В. Мегорский

НИЦ МБП КНЦ РАН, г. Апатиты, Россия

Целью исследований явилось изучение медико-биологических эффектов воздействия геокосмических агентов (ГКА) в области полярного каспа с целью эффективных прогнозов психоэмоционального состояния полярников для снижения рисков, обусловленных «человеческим фактором», в условиях арх. Шпицберген. Исследование проводилось с 30 июля по 19 августа 2017 г. с участием волонтеров, жителей п. Баренцбург. Всего обследовано 43 человека, с применением методов оценки состояния сердечно-сосудистой системы (приборно-аппаратурный комплекс «ОМЕГА-М»); функционального состояния мозга (электроэнцефалограф «Энцефалан-131-03»; психофизиологического тестирования с применением комплекса РЕАКОР на базе электроэнцефалографа с биологической обратной связью (БОС); оценки психофизиологическое состояние организма на основе опросников САН (самочувствие, активность, настроение), Спилбергера-Ханина; ГРВ-оценки состояния организма проводилась с использованием импульсного анализатора «ГРВ-компакт»; оценки времени свертываемости крови. Геокосмические данные были получены на сайте <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/omniweb/>, данные по вариациям интенсивности нейтронной компоненты вторичных

космических лучей (КЛ) у поверхности Земли в п. Баренцбург были получены в лаборатории космических лучей в Полярном геофизическом институте РАН (ст. Баренцбург). Статистическая обработка результатов проводилась с применением пакета программ STATISTICA 10. Проведенные исследования показали, что функциональное состояние организма человека в области полярного каспа модулируется разными группами ГКА, ассоциированными с солнечной активностью (СА), с межпланетным магнитным полем (ММП), с солнечным ветром (СВ). Показано, что психоэмоциональное состояние, (ПЭС) характеризуемое самочувствием (САМ), активностью (АКТ), настроением (НАСТ), личностной тревожностью, длительностью индивидуальной минуты (ДИМ), кожно-гальванической реакцией (КГР), наряду с показателем насыщения гемоглобина артериальной крови кислородом (O₂), модулируются группой факторов, ассоциированных с СА (R – числа Вольфа), геоэффективными параметрами СВ и наземными агентами, отраженными в индексах ГМА. Обнаружено, что при возрастании ГМА снижаются значения показателей ПЭС, САМ, АКТ, НАСТ, ДИМ, O₂ и возрастает показатель ситуативной тревожности (СТ). То есть, умеренное возрастание ГМА на спаде 24 цикла СА, приводит к ухудшению психоэмоционального состояния жителей арх. Шпицберген. Выявлена вторая группа ГКА, которая оказалась ассоциированной с вариабельностью сердечного ритма (ВСР). При положительных значениях Vz-компоненты, при возрастании потоков протонов с энергиями >30 Мэв, показатели ВСР улучшаются, и, соответственно, ухудшается при смене северного направления Vz-компоненты на южное. Предполагается, что физическими агентами, модулирующими в условиях полярного каспа состояние сердечно-сосудистой системы (ССС), могли бы быть пульсации, характерные для области полярного каспа и зарегистрированные в сходных геофизических условиях при низкой ГМА [Куражковская, Клайн, Лавров, 2016]. Проведенные исследования позволили обнаружить две большие группы геокосмических агентов, ассоциированных с СА, с параметрами ММП и СВ, которые модулируют отдельные функциональные системы организма. Первая группа включает показатели СА, геоэффективные параметры ММП и СВ, а также и индексы ГМА. Физические агенты этой группы модулируют психоэмоциональное состояние и, вероятнее всего, влияют на центральную нервную систему и функции головного мозга. Вторая группа физических агентов не связана с ГМА, и представлена параметрами ММП, ассоциированными с пульсациями в диапазоне крайне низких частот в области полярного каспа, с параметрами СВ, а также с потоками протонов с энергиями >10 Мэв [Белишева и др., 2018]. Эта группа агентов ассоциирована с модуляцией соматических функций организма, регулируемых, главным образом, автономной нервной системой. Полученные результаты показали, что у 100% испытуемых психофизиологическое состояние, зависит от геокосмических агентов. Интенсивное освоение Арктики диктует необходимость эффективных прогнозов психоэмоционального состояния полярников для снижения рисков, обусловленных «человеческим фактором». Данное исследование может внести вклад в разработку долговременных прогнозов психоэмоционального и психофизиологического состояния организма человека в условиях арктических широт.

Значение геофизических агентов и эндогенной микрофлоры в заболеваемости мужчин болезнями мочеполовой системы на Кольском Севере

Т.С. Завадская, Н.К. Белишева (НИЦ МБП КНЦ РАН, г. Апатиты, Россия)

Цель исследования состояла в выявлении связи между динамикой заболеваемости мочекаменной болезнью (МКБ), болезнями предстательной железы (БПЖ), частотой встречаемости определенных типов микрофлоры, выявляемых в моче у мужчин, и вариациями геофизических агентов. Материалом для исследования служили: 1) данные анализов мочи у мужчин, проживающих в Апатитско-Кировском районе Мурманской области (МО), по ежегодной частоте встречаемости микрофлоры (1617 анализов мочи от 1398 мужчин старше 18 лет), за период с 2008 по 2016 г.г.; 2) статистические данные по ежегодной заболеваемости населения на отдельных территориях МО за период с 2006 по 2016 г.г.; 3) среднегодовые значения 44-х геофизических индексов за период с 2006 по 2016 г.г. Данные статистически обрабатывались с применением пакета программ STATISTICA 10, уровень значимости соответствовал $p < 0.05$. В результате проведенных исследований показана сопряженность между динамикой качественного и количественного состава микрофлоры в моче у мужчин в Апатитско-Кировском районе МО, общей заболеваемостью МКБ и БПЖ на отдельных территориях МО и вариациями геофизических агентов. Предполагается, что синхронность в распространенности заболеваний МКБ и БПЖ у мужчин на Кольском Севере, а также в частоте встречаемости определенных эндогенных микроорганизмов является следствием интегрального воздействия геофизических агентов на микрофлору, на организм, и на результат взаимодействия микрофлоры с организмом.

В совокупности, полученные результаты в данном исследовании и литературные данные свидетельствуют том, что геофизические агенты могут одновременно менять свойства микрофлоры, иммунореактивность

организма, и как следствие, результат взаимодействия микрофлоры с организмом. Интегральный эффект воздействия геофизических агентов на микрофлору и организм человека проявляется в синхронности заболеваемости МКБ и БПЖ с частотой встречаемости определенных представителей микрофлоры в организме мужчин на Кольском Севере. Выявлено, что качественный состав микроорганизмов, найденных в образцах мочи у мужчин в Апатитско-Кировском районе, соответствует спектру микроорганизмов, наиболее часто выявляемых при заболеваниях мочеполовой системы: *Acinetobacter baumannii*; *Candida sp.*; *E. Coli*; *Enterococcus faecalis*; *Enterococcus faecium*; *Klebsiella pneumoniae*; *Proteus mirabilis*; *Pseudomonas aeruginosa*; *Staphylococcus aureus*; *Staphylococcus epidermidis*; *Staphylococcus haemolyticus*; *Streptococcus pneumoniae*; *Streptococcus pyogenes*, *Streptococcus spp.*. Динамика качественного и количественного состава микрофлоры, выявленный в моче у мужчин в Апатитско-Кировском районе, сопряжена с распространенностью общей заболеваемости МКБ и БПЖ на отдельных территориях МО. Общая заболеваемость МКБ и БПЖ за период 2006-2016 г.г. почти на всех территориях МО сопряжена с вариациями геофизических агентов, за некоторым исключением. В целом, при возрастании ГМА заболеваемость МКБ и БПЖ на Кольском Севере возрастает. Исключение свидетельствует о более важном значении локальных территориальных вкладов в заболеваемость мочеполовой системы у мужчин, чем геофизических агентов. Микроорганизмы, способные вызывать хронические заболевания органов мочеполовой системы МКБ и БПЖ имеют значимые ($p < 0.05$) связи с геофизическими агентами. Результаты проведенного исследования и литературные данные свидетельствуют, что геофизические агенты могут влиять на свойства микрофлоры, на иммунореактивность организма, и как следствие, на результат взаимодействия микрофлоры с организмом.

Космические лучи как фактор эволюции биокосного вещества

М.В. Рагульская¹, Н.К. Белишева²

¹ИЗМИРАН, г. Москва, Россия

²НИЦ МБП КНЦ РАН, г. Апатиты, Россия

Космические лучи (КЛ) представляют собой поток элементарных частиц высокой энергии, приходящих на Землю приблизительно изотропно со всех направлений космического пространства, а также рожденное ими в атмосфере Земли вторичное излучение, в котором встречаются практически все известные элементарные частицы [Дорман, 1963]. Свойство КЛ, как фактора эволюции, определяется их физическими свойствами. У поверхности Земли КЛ представляют собой низко- и плотно ионизирующие источники излучения (ИИ) низкой интенсивности. Любые виды ИИ, ионизирующее действие которых обусловлено ядрами отдачи, осколками деления и др., индуцируют радиационно-химические изменения в полимерах, как и в др. веществах с ковалентными связями. Радиационно-химические превращения в полимерах приводят к изменению строения полимерных молекул и их физических свойств, инициирует цепные реакции, напр., полимеризацию, образование химических связей между молекулами (сшивание), разрывы молекул (деструкция), образование или уничтожение двойных связей различного типа, выделение газообразных продуктов (водорода и др.) и т.п. Сшивание и деструкция – наиболее важные реакции в полимерах, сильнее всего изменяющие их физические свойства. Генетические нарушения в клетках, вызываемые ИИ, наблюдаются обычно уже при столь малых дозах, что в отношении этих повреждений порог действия радиации практически отсутствует. Именно эти свойства КЛ, как природного источника ИИ, определяют их роль в эволюции биологических систем и в изменении косного вещества в земной коре. Впервые на экспериментальном материале показано значение возрастных потоков солнечных КЛ, сопряженных с возрастанием нейтронной компоненты вторичных КЛ у поверхности Земли, и вариаций галактических КЛ (ГКЛ) для генетического материала клеточных систем [Belisheva, Semenov, Tolstyh, Biernat, 2002; Belisheva et al, 2003; 2004; 2005; 2006; 2012]. Выявлены биоэффективные дозы КЛ в периоды GLE [Belisheva, Mauricev, Vashenyuk, 2014], показаны эффекты экранирования биологических объектов от низко интенсивной энергетической компоненты КЛ, выявлена сопряженность изменения окраски волутиновых гранул в бактериальных культурах с вариациями галактических КЛ [Gromozova E., Ragulskaya et al., 2012]. Влияние КЛ на свойства волутиновых гранул, как полифосфата, свидетельствует об участии КЛ в трансформации косного вещества земной коры. Не исключено, что ГКЛ внесли определенный вклад в способы накопления энергии в древних экологических сообществах, которые модифицировались в результате изменения физико-химических свойств неорганического и органического вещества. Это привело к отбору оптимальных структур «энергетических депо», способов концентрации фосфора, кислорода и железа в живых организмах. Одними из первичных длительных хранилищ энергии в биологических системах ранней Земли являются полифосфаты – полимеры ортофосфорной кислоты, остатки которой соединены ангидридными полифосфатными связями. Эти про-

биологические структуры до сих пор присутствуют в бактериальных клетках в виде волютиновых гранул. Возможно, к про-биологическим структурам относится и гем, содержащий атом железа, связывающий кислород, и входящий в молекулу гемоглобина. Эти структуры могли бы синтезироваться ещё в молекулярных галактических облаках при активном участии ГКЛ. По эффективности накопления энергии этот способ проигрывает эволюционно более позднему синтезу и депонированию энергии в углеводородных связях, осуществляемых при участии солнечной энергии, что не требуется для процесса накопления энергии в полифосфатах. Поэтому именно этот способ накопления энергии мог закрепиться в первых земных организмах путем эволюционного отбора под воздействием ГКЛ на поверхности и в атмосфере ранней Земли, либо ещё раньше, при формировании протопланетного облака. Использование энергии КЛ для формирования обменных процессов в первичной биосфере Земли могло бы компенсировать дефицит излучения молодого Солнца, и стать одним из путей решения «парадокса слабого молодого Солнца» [Ragulskaya, 2017; 2019].

Оценка влияния геокосмических агентов на психофизиологическое состояние человека с применением метода газоразрядной визуализации (ГРВ)

Н.Л. Соловьевская¹, Е.Е. Яновская², Р.Р. Юсубов², Н.К. Белишева¹

¹НИЦ МБП КНЦ РАН, г. Апатиты, Россия

²ООО «Биотехпрогресс», г. Санкт-Петербург, Россия

Газоразрядная визуализация (ГРВ) или биоэлектрография является чувствительным методом, регистрирующим изменения в психофизиологическом состоянии организма [Ушаков и др., 2000; Полушин и др., 2014; Коротков, 2007, Kobayashi, 2003]. Для оценки влияния геокосмических агентов на психофизиологическое состояние человека с применением метода ГРВ, ежесуточно, на группах добровольцев с 25 июля по 13 августа в 2017 году и с 29 июля по 18 августа в 2018 г. проводилась ГРВ-регистрация с применением импульсного анализатора «ГРВ-компакт» ЕЮУИ 941 0204 00 00ТУ, серийный выпуск, ООО «Биотехпрогресс», сертификат соответствия NPOOC RU.MH05.H00725, N 0490215. При использовании метода ГРВ основой анализа является «снимок» свечения, возникающего вблизи поверхности пальцев рук, так называемая ГРВ-грамма. Полученные ГРВ-граммы обрабатывались с применением программы «GDV Energy Field», которая преобразует ГРВ-граммы в такие показатели свечения, как значения площади, коэффициента формы, энтропии и симметрии, представленных в трех проекциях: правой, фронтальной, левой. Съемка ГРВ осуществлялась в режимах регистрации ГРВ-грамм пальцев рук «без фильтра» и «с фильтром». На ГРВ-граммах «без фильтра» отражается интегральная характеристика состояния организма, определяемая вкладом в нее центральной и автономной нервной системами. Применение фильтра позволяет отсекают вклад автономной нервной системы в характеристику показателей ГРВ-грамм, регистрируя базисные характеристики функционального состояния организма. Геофизические агенты отражали среднесуточные показатели, характеризующие солнечную активность (СА), состояние межпланетного магнитного поля (ММП), скорости и вариабельности солнечного ветра (СВ), наземные индексы геомагнитной активности (ГМА) и др. (<https://nssdcftp.gsfc.nasa.gov/>). Данные по вариациям космических лучей (КЛ) у поверхности и расчетные плотности потоков КЛ в околоземном пространстве были получены в лаборатории космических лучей в Полярном геофизическом институте РАН (ст. Баренцбург). Корреляционный анализ проводили с использованием пакета программ «STATISTICA 10.0» Оценка возможностей метода газоразрядной визуализации (ГРВ) для детекции воздействия геокосмических агентов на организм человека показала, что проекция площади свечения и коэффициенты формы наиболее чувствительны к вариациям космофизических агентов. Выявлена связь между среднесуточными значениями проекции площади свечения (без фильтра) у испытуемых, и среднесуточными значениями потока протонов с энергиями >10 МэВ. Показана сопряженность динамики среднесуточных значений фронтальной проекции энтропии (без фильтра) с вариациями интенсивности скорости счета нейтронного монитора, отражающего интенсивность вторичных космических лучей (КЛ) у поверхности Земли. Обнаружено, что снижение плотности потока протонов с энергиями >10 МэВ сопряжено с возрастанием ситуативной тревожности, снижением настроения, возрастанием среднесуточных значений площади свечения. В исследованиях, проведенных в 2018 г., помимо ГРВ грамм, регистрировалась кожно-гальваническая реакция (КГР), применяемая в криминалистике и при использовании биологической обратной связи (БОС-терапии). Было показано, что показатели площади свечения в режиме регистрации без фильтра и с фильтром имеют значимые ($p < 0.05$) корреляции со среднесуточными значениями модуля ММП; с угловой характеристикой СВ (Bulk flow longitude, градусы); с плотностью потока протонов с энергиями >10 МэВ, с числом Маха. Значимые ($p < 0.05$) коэффициенты корреляция со скоростью нейтронного счета и атмосферным давлением выявлены для показателей площади

свечения лишь при регистрации ГРВ в режиме с фильтром. Полученные данные, характеризующие зависимость показателей ГРВ-грамм, от вариаций плотности потока протонов с энергиями >10 Мэв, полностью согласуются с результатами исследований, проведенных в 2017 г. [Белишева и др., 2017]. Найдено хорошее соответствие между показателями ГРВ грамм, КГР, длительностью индивидуальной минуты и вариациями индексов СА и СВ. Выявленные корреляции между КГР и показателями ГРВ вносят определенный вклад в понимание механизмов, связывающих между собой психофизиологическое состояние организма и особенности ГРВ грамм. В частности, КГР, или электрическая активность кожи (ЭАК), является биоэлектрической реакцией, регистрируемой с поверхности кожи, как и ГРВ. Причем, как и ГРВ, КГР является показателем вегетативной нервной системы, но, в отличие от ГРВ, широко применяемой в психофизиологии. Результаты исследований свидетельствуют о высокой степени зависимости психоэмоционального состояния организма человека на арх. Шпицберген от вариаций геокосмических агентов. Метод ГРВ позволяет регистрировать психотропное воздействие геокосмических агентов на организм человека.

Полярные сияния в живописи Николая Рериха

С.А. Черноус

*ФГБНУ “Полярный геофизический институт”, г. Апатиты, Россия
Академик МАНЭБ (Международная академия наук экологии и безопасности)
Мурманское отделение Русского географического общества
e-mail: chernouss@pgia.ru*

Полярные сияния – явление космическое. Оно происходит на высотах атмосферы более ста километров и в его изменениях, видимых с земной поверхности, как на экране огромного телевизора отражаются процессы, происходящие в космосе. Оно имеет по крайней мере три ипостаси (составляющие): научную – это космические исследования, художественную - это непревзойденная игра форм и красок света на небе, и мистическую – это интерпретация этого природного явления мифическими сюжетами, божьим промыслом и тайными знаниями. В творчестве Н. Рериха можно увидеть несколько полотен, на которых, по мнению многих исследователей, изображены полярные сияния. В первую очередь это «Моисей-Водитель». Описанию этой картины посвящено большое количество научных трудов. Все они, начиная с работы (письма) Елены Рерих, сконцентрированы на обсуждении известного библейского сюжета о том, что вождь еврейского народа Моисей получил на горе Синай и записал Откровение свыше — десять заповедей и при этом был божественный свет. Этот свет и изображен на картине в виде полярных сияний, которые представлены скрупулезно точно. Полярные сияния Рерих мог сам наблюдать в период карельского периода своей жизни и творчества, и они могли произвести на него неизгладимое впечатление. Либо ему послужили основой другие источники.

Стоит задаться вопросом, почему в качестве божественного света были выбраны не молнии, не утренние или вечерние зори, ни другие оптические явления атмосферы, а именно полярные сияния, причем такие их формы, которые изображены на картине, никогда не встречались на субэкваториальных широтах. Ответ очевиден – это великолепная интуиция и образованность художника. Во времена Н. Рериха только очень немногие ученые - узкие специалисты знали, что сияния – явление космическое.

Удивительно, что полярные сияния, изображенные на картине, являются почти точной копией гравюры французского художника, который в составе полярной экспедиции посетил Северную Норвегию в начале XIX века. Следует заметить, что двух полностью одинаковых, так называемых «дискретных» форм полярных сияний до сих пор не наблюдалось не только в экваториальной зоне, но и в авроральных широтах. В чем тут дело? Скорее всего дело в методе. Широкий взгляд на устройство мира и огромная эрудиция позволяла художнику использовать для реализации своих замыслов, казалось, несовместимые события, но при этом прибегнуть к методу заимствования. Такой метод в те времена широко использовался. В докладе приводятся и другие картины Рериха, напоминающие картины полярных сияний, например, «Мост славы» и «Северная полночь» и возможные аналоги этих изображений, сделанные в XIX веке, а также современные цветные авторские фотографии и фильмы этого явления. Представлены описания сияний, наблюдавшихся вблизи экватора, в частности, в древнем Риме и в Египте.

AUTHOR INDEX

A

Abunin A.A.37, 41, 44
 Abunina M.A.36, 41, 44
 Afonin V.V.16
 Agapitov O.V.32
 Akhmetov O.I.29, 56
 Alexeev I.I.23
 Andreeva E.S.45, 50
 Andriyanov A.F.62
 Antonenko O.V.55
 Antonova E.E.18, 26
 Artamonov M.F.54
 Artemyev A.V.23, 25, 26, 41

B

Balabin Yu.V.43, 62
 Barkhatov N.A.13, 35
 Barkhatova O.M.35
 Bazilevskaya G.A.38
 Belakhovskiy V.B.13, 29, 61
 Beletsky A.B.45, 53
 Belisheva N.K.65, 66, 67, 68, 69
 Belov A.V.36, 38, 41, 44
 Belyaev R.21
 Berngardt O.I.47
 Bessarab F.S.46
 Bilin V.19
 Borchevkina O.P.46
 Borisenko A.V.36
 Borodkova N.L.39
 Brekke A.34
 Budnikov P.A.48

C

Cherniakov S.M.46
 Chernouss S.A.15, 17, 70
 Chernyakov S.M.29, 51
 Chernyshov A.A.48
 Chertok I.M.44
 Chirik N.V.48
 Chugunin D.V.48
 Coxon J.C.48

D

Dashkevich Z.V.56
 Deca J.21
 Demekhov A.G.24, 30, 31, 32, 33
 Demin V.I.61, 62, 63
 Despirak I.V.14, 16
 Divin A.V.21, 23, 25
 Dmitriev A.V.48

Dolgova D.S.35
 Dremukhina L.A.18
 Dyatko N.A.58

E

Efishov I.I.15, 17
 Ermolaev Yu.I.18
 Eroshenko E.A.36, 38

F

Fedorenko Yu.V.17, 30, 31, 49, 56, 58
 Fedorov E.N.34, 57
 Fedotova E.A.64
 Filatov M.V.15, 17, 58
 Filippov M.Y.37, 47
 Frank-Kamenetsky A.V.59

G

Gaidash S.P.41, 44
 Galkin A.A.48
 Germanenko A.V.41, 43, 44, 62
 Gil A.37
 Gomonov A.D.33, 34
 Gorban' Yu.A.63
 Grach V.S.30
 Grigoriev V.F.49, 62
 Gromov S.V.15, 16
 Gromova L.I.15, 16
 Guineva V.47
 Guschina R.T.38
 Gvozdevsky B.B.38, 43, 62

H

Hori T.29

I

Ievenko I.B.16, 21, 22
 Ismaguilov V.S.51
 Ivanov K.I.53
 Ivanov V.E.56
 Ivanova V.A.47

K

Kalacheva N.V.65
 Kalashnikova S.A.62
 Kalinin M.S.38
 Kalitenkov N.V.33, 34
 Karpov M.I.15
 Kasahara S.29

Kasahara Y.....	29
Kasatkina E.A.	61, 66
Kashulin P.A.	65
Kazama Y.....	29
Kazaryan P.S.....	26
Keika K.	29
Khabarova O.V.	20, 27
Khalipov V.L.	16, 19
Khodataev N.A.	37
Kirillov A.S.....	47, 55, 61, 62
Kirpichev I.P.....	26
Kleimenova N.G.	14, 15, 16, 30, 31
Klimenko M.V.	48, 56
Klimenko V.V.....	48, 56
Klimushkin D.Yu	31, 32
Knyazeva M.A.....	51
Kochetov I.V.....	58
Kogai T.G.	20, 28
Komarova E.S.	53
Kopytenko Yu.A.....	51
Korenkov Y. N.....	46
Koshelevsky V.K.	51
Kosolapenko V.I.	48
Kotova D.S.....	48
Kotova G.A.	16
Kovaltsov G.	37
Kozelov B.V.	14, 17, 42, 49, 51, 61, 62, 63
Kozelova T.V.....	14, 17
Kozlovsky A.E.	17, 49
Kozyreva O.	49
Krainev M.B.	38, 42
Kulikov Y. Y.....	62
Kulikov Yu.N.....	55
Kuznetsova M.O.	63

L

Larchenko A.V.....	31, 49, 58
Lavrukhin A.S.....	23
Lebed O.M.	30, 31
Liu Weijun	50
Lodkina I.G.	18
Logovsky A.S.	47
Lubchich A.A.....	14, 32, 33
Lubchich V.A.....	22
Lukin A.S.	23
Lukyanova R.Yu.....	16

M

Mager O.V.	32
Mager P.N.....	31, 32
Malova H.V.....	26, 27, 28
Malysheva L.M.	15, 16
Manninen J.....	31, 32, 33
Martynova A.A.	66
Maslov I.A.	53
Matsuoka A.	29

Maurchev E.A.	41, 42, 43, 44, 62
Mazur N.G.	34
Medvedev A.V.....	54
Megorskiy V.V.....	66
Melnik M.N.....	28
Men'shov Yu.V.	63
Merzlyi A.M.	27, 56, 57
Mihalko E.A.....	41, 43, 44, 62
Mikhailov V.	37
Mikhailova O.S.	31
Mikhalev A.V.....	45, 52, 53
Milichenko A.N.	17, 33, 34
Mingalev I.V.	26, 27, 28, 29, 56, 57, 63, 64
Mingalev O.V.....	20, 26, 27, 28, 29, 56
Mingalev V.S.	27, 56, 57, 63
Mishev A.	37
Mit' S.K.	26
Mitrofanov V.N.....	17
Miyoshi Y.	29

N

Namgaladze A.A.	51
Nazarenko M.O.	45
Nesterov I.A.	45
Nikitenko A.S.....	30, 31, 58
Nikolaev V.	19
Nishimura Y.....	25
Nishitani N.	45
Nosikov I.A.....	48
Nosikova N.S.	57

O

Oinats A.V.	45
Oleneva V.A.	36
Olshevsky V.....	21
Orlov K.G.	63, 64
Ovchinnikov I.L.....	26
Ovodenko V.B.	48

P

Padokhin A.M.	45, 50, 62
Panchenko V.A.	16, 19, 58
Panov E.V.	23
Paramonik I.P.	23
Parnikov S.G.	21, 22
Parunakian D.A.	23
Pashinin A.Yu.	45, 48
Pasmanik D.L.....	31
Pershin A.V.....	60
Petrishchev M.S.	51
Petrukovich A.A.....	23, 26
Pilgaev S.V.	31, 49, 58
Pilipenko V.A.....	13, 34, 49, 57
Podgorny A.I.....	36, 39

Podgorny I.M.	36, 39
Podlesny S.V.	52, 53
Poluianov S.	37
Popova T.A.	33
Pryamushkina I.I.	41, 44
Pryanichnikov S.V.	66
Pulinets M.S.	26

R

Ragulskaya M.V.	68
Raita T.	33
Rakhmanova L.S.	44
Rakhmatulin R.A.	45, 48
Ratovsky K.G.	46, 47, 48, 54
Remenets G.F.	40
Revunov S.E.	13, 35
Ritveld M.	34
Rogov D.D.	59
Roldugin A.V.	32, 49, 51
Roldugin V.C.	32, 51
Romanova N.Yu.	58
Rubtsov A.V.	32
Ryazantseva M.O.	44
Rybakov M.V.	51
Ryskin V.G.	62

S

Safargaleev V.V.	17
Sakharov Ya.A.	13, 19
Sapunova O.V.	39
Schur L.I.	62
Selivanov V.N.	13, 19
Semenov V.S.	21, 23, 25
Semenova N.V.	24, 25
Sergeev V.A.	24
Setsko P.V.	28
Shagimuratov I.I.	15, 17
Shapovalova Yu.A.	51
Shinohara I.	29
Shiokawa K.	29, 45
Shishaev V.A.	40, 62, 63
Shumilov O.I.	61, 66
Shustov P.I.	25
Sidorenko A.E.	52
Sklyarevsky M.S.	54
Smirnova M.V.	65
Solov'evskaya N.L.	66, 69
Somina E.R.	48
Sotnikov N.V.	26
Stepanov A.E.	16, 19
Stozhkov Yu.I.	38
Sukhovoy M.I.	40
Suvorova A.V.	48
Suvorova Z.V.	29, 56, 57
Svirzhevskaya A.K.	38
Svirzhevsky N.S.	38

Syrenova T.Ye.	45
----------------	----

T

Tam S.	29
Telegin V.A.	58
Tepenitsina E.Yu.	17
Tepenitzina N.Yu.	15
Tereshchenko E.D.	45
Tereshchenko P.E.	52
Tereshin N.A.	62
Timchenko A.V.	46
Timonen M.	66
Timoshenko A.V.	47
Titova E.E.	32, 33
Tkachev I.D.	47, 52
Tolstikov M.V.	54
Trefilova L.A.	41, 44
Turyansky V.A.	46
Tyutin I.V.	48, 59

U

Ugolnikov O.S.	53
Uliev V.A.	59
Undalova I.S.	13
Uryadov V.P.	54, 60
Usoskin I.	37
Uspensky M.V.	48

V

Vasilyev R.V.	45, 52, 53, 54
Vasko I.Y.	41
Vertogradov G.G.	54
Vinogradov A.A.	41
Vorobjev V.G.	13, 18, 26, 35
Vybornov F.I.	54, 60

W

Wang S.-Y.	29
Werner R.	47

X

Xu Jiyao	50, 55
----------	--------

Y

Yagodkina O.I.	18, 26
Yagova N.V.	57
Yahnin A.G.	24, 25, 32, 33
Yahnina T.A.	24, 25, 32, 33
Yakimova G.A.	15
Yanke V.G.	36, 38
Yanovskaya E.E.	69

Yasukevich Y.V.	47
Yermolaev Yu.I.	39
Yokota S.	29
Yuan Wei	50, 55
Yushkov E.V.	23, 26, 41
Yusubov R.R.	69

Z

Zaitsev I.V.	23, 25
Zakharenkova I.E.	48
Zastenker G.N.	39, 44
Zavadskaya T.S.	66, 67
Zaytsev I.	21
Zelenyi L.M.	26, 28
Zhang X.-J.	25
Zhbankov G.N.	58
Zhirov V.K.	65
Zhurina E.Y.	65
Znatkova S.S.	26

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

POLAR GEOPHYSICAL INSTITUTE
15, Khalturina str., Murmansk, 183010, RUSSIA

