

Направление 6. Магнитосфера

Координаторы: А.А. Петрукович (ИКИ), А.Г. Демехов (ИПФ)

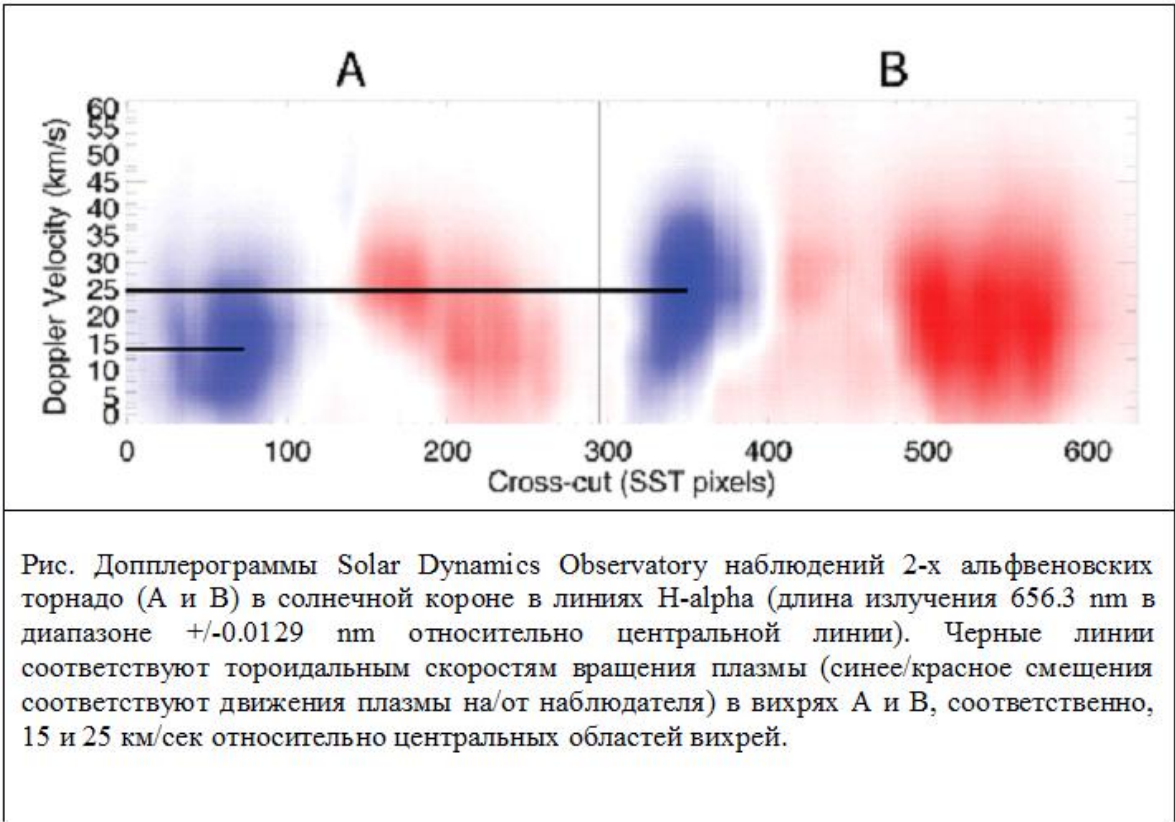
6.1.	Проект 6.1. Волновые процессы в магнитосфере		
	Тема 6.1.1. Динамические волновые процессы в системе солнечный ветер-магнитосфера Земли	ИФЗ РАН	Похотелов О.А. 200
		ИФЗ РАН	Онищенко 150
	Тема 6.1.2. Распространение волн и их резонансное взаимодействие с частицами в планетарных магнитосферах	ИПФ РАН	Демехов А.Г.
		ИПФ РАН	Беспалов П.Б.
		ПГИ КНЦ РАН	Титова Е 150
		ПГИ КНЦ РАН	Черноус100
		ИКИ РАН	Шкляр 250
	Тема 6.1.3. Низкочастотные волновые явления в околоземной среде	ИФЗ	Пилипенко В.А.
	Тема 6.1.4. Авроральное километровое излучение и его связь с процессами в магнитосфере	ИКИ	Могилевски й М.М.
6.2.	Проект 6.2. Процессы ускорения заряженных частиц в магнитосфере		
	Тема 6.2.1. Экспериментальные исследования механизмов ускорения заряженных частиц в хвосте магнитосферы Земли	ИКИ	Григоренко Е.Е.
	Тема 6.2.2. Процессы переноса энергии и импульса плазменного гнитосферного хвоста	ИКИ РАН	Зелёный Л.М.
6.3.	Проект 6.3. Плазменно-волновые структуры в магнитосфере Земли		
	Тема 6.3.1. Авроральное структурирование и турбулентные явления в магнитосферно-ионосферной плазме	ПГИ КНЦ РАН	Козелов
	Тема 6.3.2. Аналитическое описание структуры, стационарного состояния и внутренней динамики крупномасштабных магнитосфероподобных плазменных объектов в рамках кинетической теории	ИПФ РАН	В.М.Губчен ко

	Тема 6.3.3. Физическое моделирование околопланетных плазменных границ для решения фундаментальной проблемы взаимодействия солнечного ветра с Землей и другими планетами.	ИКИ	Веригин М.И.,
	Тема 6.3.4. Квазистационарные структуры в хвосте магнитосферы,	ИКИ	Петрукович А.А.
<b>6.4.</b>	<b>Проект 6.4. Плазменные процессы в магнитосфере Земли</b>		
	Тема 6.4.1. Особенности протонных и электронных высыпаний в периоды геомагнитных возмущений, их связь с волновыми явлениями и с вариациями полей и частиц в магнитосфере	ПГИ КНЦ РАН	Яхнин А.Г.,
	Тема 6.4.2. Геометрические эффекты взаимодействия электрических и магнитных полей солнечного ветра с магнитным полем земли в геомагнитной активности и геофизических данных	ИЗМИРАН	Кузнецова Т.В.
	Тема 6.4.3. Исследования динамики сверхтепловой плазмы солнечного и ионосферного происхождения в авроральной магнитосфере,	ИКИ	Ковражкин Р.А.
	Проектов 4. Тем 13		

**Проект 6.1. Волновые процессы в магнитосфере**

**Тема 6.1.1. Динамические волновые процессы в системе солнечный ветер-магнитосфера Земли**

Развит новый гидродинамический подход к описанию крупномасштабных (с масштабом существенно больше, чем ларморовский радиус ионов или инерционная длина ионов) альфвеновских торнадо. Показано, что замкнутая система нелинейных уравнений для крупномасштабных альфвеновских волн в цилиндрической геометрии с осью вдоль внешнего магнитного поля имеет экспоненциально убывающее по радиусу решение, соответствующее альфвеновскому торнадо. Исследована зависимость тороидальных и радиальных компонент скорости и магнитного поля от радиуса и азимутального угла. Изучена зависимость вертикальной компоненты завихренности от радиуса и угла. Показано, что вертикальная завихренность экспоненциально убывает с удалением от оси и меняет знак на некотором расстоянии порядка радиуса вихря. Полученные в этой работе результаты используются для интерпретации наблюдений Solar Dynamics Observatory в солнечной короне.



Совместно с ПГИ КНЦ РАН и ИПФ РАН впервые проанализированы [Manninen et al., 2014; Маннинен и др., 2014] одновременные наблюдения ОНЧ излучений в авроральных широтах ( $L = 5.3$ ), выполненные в двух точках, расположенных на близких геомагнитных широтах и разнесенных по долготе на 400 км: финской станции Kannuslehto (KAN,  $\Phi = 64.2^\circ$ , Геофизическая обс. Соданкюля) и российской обс. Ловозеро (LOZ,  $\Phi = 64.1^\circ$ , ПГИ КНЦ РАН). Первые результаты анализа показали, что всплески хоровых ОНЧ излучений появлялись в обеих точках синхронно с одинаковой правой поляризацией магнитного поля ОНЧ волн, что может быть интерпретировано как нахождение области выхода ОНЧ волн из ионосферы вблизи точек наблюдения. Синхронность ОНЧ хоров свидетельствует об относительно больших размерах области выхода волн из ионосферы. В противоположность этому, было найдено, что квазипериодические ОНЧ-излучения с частотой повторения дискретных элементов порядка 3–4 секунд (РЕ излучения) характеризовались левой поляризацией (рис.2), что позволяет сделать вывод о большой удаленности источника РЕ волн от данных пунктов наблюдения, т.е. значительного распространения РЕ волн в волноводе Земля-ионосфера.

#### Список публикаций

1. Manninen J., **Kleimenova N. G., Fedorenko Yu. V., Besspalov P. A.**, and T. Turunen. New results of structured VLF emissions observed simultaneously at two closely located stations near  $L \sim 5.5$  // Ann. Geophys., 32, 1163-1167, doi:10.5194/angeo-32-1163-2014, 2014.
2. Маннинен Ю., **Федоренко Ю. В., Клейменова Н. Г.**, Козырева О.В., **Никитенко А.С.** Первые результаты одновременной регистрации ОНЧ излучений в двух близко расположенных пунктах в авроральных широтах // Геомагнетизм и Аэрономия, том 54, № 1, с. 36–42., 2014
3. **Фейгин А.З., Хабзин Ю.Г.**, Медленная дрейфово-зеркальная кинетическая неустойчивость при конечной электронной температуре в немаксвелловской космической плазме, Геомагнетизм и аэрономия, 2014, том 54, № 6, с. 1–8.
4. Prikner, K., **F.Z.Feygin**, T.Raita, Spatial structure of standing wave electromagnetic fields at the lower harmonics of the ionospheric Alfvén resonator, Stud.Geophys. Geod., 2014, v. 58, pp. 326–337.

5. Prikner K., **Feygin F.Z.**, Raita T. Polarization characteristics of standing wave electromagnetic fields at the ionospheric Alfvén resonator lower harmonics: altitude profiles, *Stud. Geophys. Geod.*, 2014, v. 58, pp. 338–341.
6. Kaladze T. D., L. Z. Kahlon, W. Horton, **O. Pokhotelov**, and **O. Onishchenko**, Shear flow driven Rossby-Khantadze electromagnetic planetary vortices in the ionospheric E-layer, *Euro Physics Letters*, v. 106, 29001, 2014.
7. Mendonca, J. T., **O. G. Onishchenko**, **O. A. Pokhotelov**, L. Stenflo, Wave-kinetic description of atmospheric turbulence, *Physica Scripta*, 2014 (in press).
8. **О. Г. Онищенко**, **О. А. Похотелов**, В. Федун, Конвективные ячейки внутренних гравитационных волн в земной атмосфере, *Доклады академии наук*, 2014, том 454, № 1, с. 89–91
9. **Onishchenko O. G.**, W. Horton, **O. A. Pokhotelov**, and L. Stenflo, Dust devil generation, *Physica Scripta*, v. 89, p. 075606, 2014.
10. **Onishchenko, O. G.**, **O. A. Pokhotelov**, and W. Horton, O. A. Dust devil dynamics in the internal vortex region, *Physica Scripta*, 2014 (submitted).
11. **Onishchenko, O. G.**, **O. A. Pokhotelov**, А.В. Загурный, Н.М. Астафьева, Конвективные ячейки внутренних гравитационных волн в мезосфере, *Геофизические исследования*, 2014 (submitted).
12. **Pokhotelov O. A.** and **O. G. Onishchenko**, The role of finite ion temperature in the generation of magnetic swelling instability, *Geomagnetism and Aeronomy*, v. 54, N 1, p. 20–22, 2014.
13. Fedun, V., **O. Onishchenko**, **O. Pokhotelov**, E. Scullion, E. Gallagher and T. Kaladze, Alfvénic tornadoes, *Monthly Notices of Royal Astronomical Society*, 2014 (submitted).

#### ***Руководители темы***

– д.ф.-м.н., профессор О.А. Похотелов (ИФЗ РАН), e-mail: [pokh@ifz.ru](mailto:pokh@ifz.ru).

– д.ф.-м.н., Онищенко О. Г. (ИФЗ РАН), e-mail: [onish@ifz.ru](mailto:onish@ifz.ru)

### **Тема 6.1.2. Распространение волн и их резонансное взаимодействие с частицами в планетарных магнитосферах**

В работе [Bösinger et al., 2014] обнаружены и исследованы нерегулярные двухчасовые пульсации параметров магнитного фонового шума в диапазоне 1-5 Гц в ночное время суток по данным низкоширотной обсерватории на о. Крит. С помощью теоретического

моделирования и сравнения полученных результатов с данными о свойствах низкоширотной ионосферы по данным радара некогерентного рассеяния в Аресибо продемонстрирована связь этих пульсаций с вариациями параметров ионосферной «долины» между E и F областями. Данная область служит «субионосферным» резонатором для альфвеновских волн, собственная частота которого попадает в указанный диапазон, будучи в несколько раз выше собственной частоты ионосферного альфвеновского резонатора. Вариации размеров и глубины ионосферной долины проявляются в свойствах магнитного шума через их влияние на электродинамические свойства субионосферного альфвеновского резонатора.

В работах [Маннинен и др., 2014; Manninen et al., 2014] проанализирована тонкая структура квазипериодических (QP) КНЧ/ОНЧ излучений, зарегистрированных на Земле в авроральной зоне. Установлено совпадение периодов двухскачковых свистов и короткопериодической модуляции в QP элементах. Это доказывает, что QP эмиссии распространялись в канализированном режиме. Дисперсионные свойства свистов и периодических эмиссий внутри QP элементов показывают, что волны распространялись вблизи внешней границы плазмосферы. Дактированное распространение и сохранение формы растущих по частоте дискретных сигналов внутри QP элементов указывает, что QP генерировались в режиме пассивной синхронизации мод в магнитосферном циклотронном мазере.

На спутнике DEMETER (высота около 700 км), обнаружены возмущения в КНЧ (<1200 Гц) сигналах, обусловленные воздействием на ионосферу мощного КВ передатчика HAARP. Из 13 проанализированных пролетов спутника над зоной нагрева КНЧ сигналы были зарегистрированы на электрические антенны в трех событиях, и в одном из них наблюдались на магнитной антенне. При этом увеличение амплитуды КНЧ сигналов наблюдалось в одновременно с увеличением плотности холодной плазмы, которое, регистрировалось над передатчиком HAARP. Статья [Титова и др., 2014] направлена в ж. Изв. вузов. Радиофизика.

Исследована эффективность отклика на внешние воздействия экваториальной токовой струи в низкоширотной ионосфере [Беспалов, Савина, 2014]. Рассмотрена возможность использования токовой струи для ионосферного детектирования амплитудно-модулированного (в диапазонах ОНЧ и геомагнитных пульсаций) излучения наземного коротковолнового нагревного стенда. За счет модуляции электронной температуры и концентрации в области токовой струи, на земной поверхности под ней электромагнитные

сигналы на частоте модуляции до двух порядков больше, чем в средних широтах. Сигналы от модулированной экваториальной токовой струи могут влиять на режимы работы плазменного магнитосферного мазера в субавроральной магнитосфере, обеспечивая резонансную модификацию спектров естественных электромагнитных излучений ОНЧ диапазона.

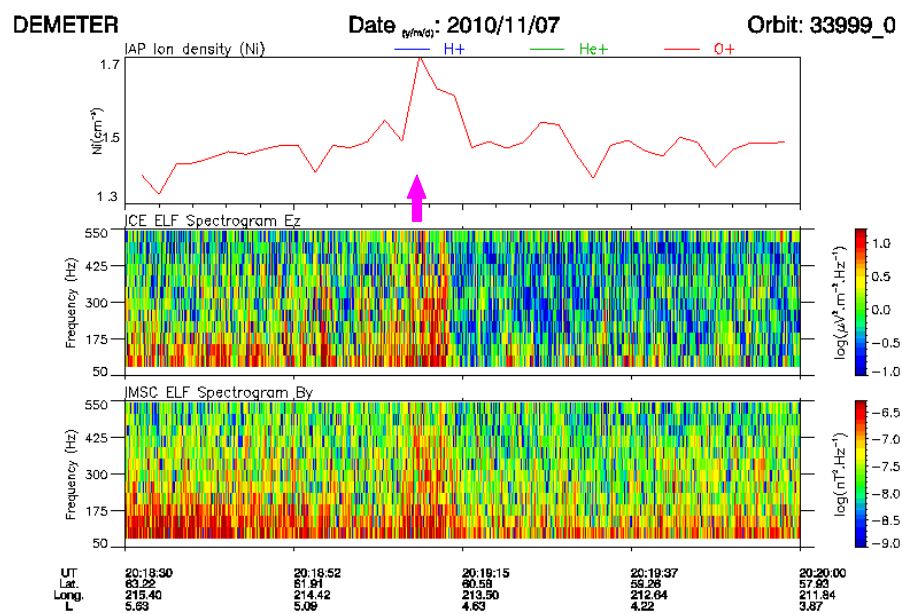


Рисунок - измерения на спутнике DEMETER: (а) плотность холодной плазмы, спектрограмма электрической (б) и магнитных компонент (в) КНЧ сигналов на частотах < 1250 Гц, стрелкой обозначено максимальное приближение спутника DEMETER к передатчику HAARP [Титова и др., 2014]

Исследованы особенности распространения ионно-циклотронных волн, возбуждаемых молниевыми разрядами, в многокомпонентной плазме верхней ионосферы и их резонансное взаимодействие с надтепловыми ионами [Shklyar, Kuzichev, 2014].

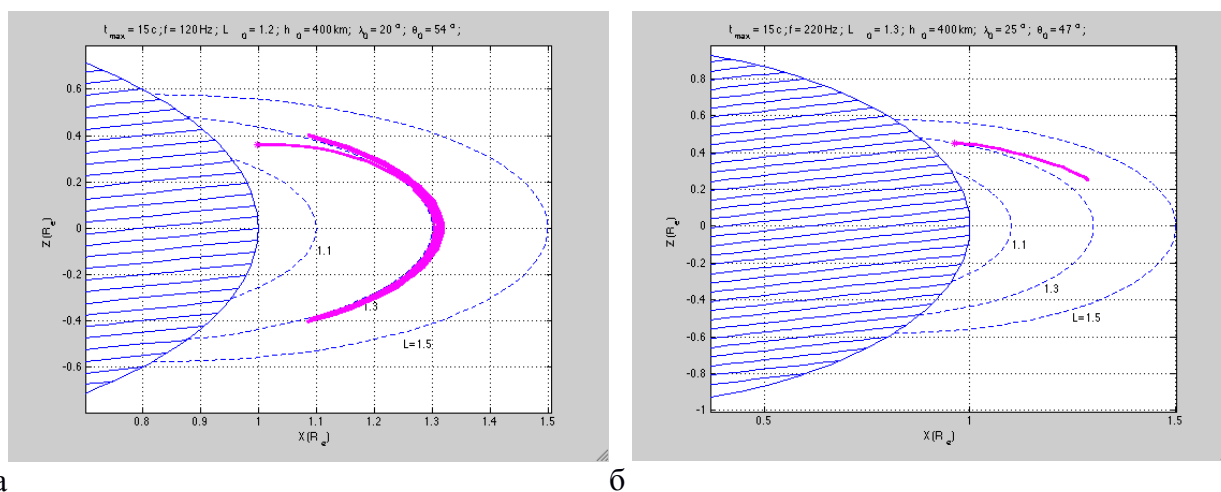


Рисунок - Два типа траекторий ионно-циклотронных волн в многокомпонентной плазме верхней ионосферы. Для достаточно низких частот и начальных широт волна проходит в противоположное полушарие, где испытывает отражение в области межйонного гибридного резонанса, так что широта лучевой траектории колеблется вокруг экватора (а). С ростом частоты и/или широты старта лучевая траектория «застревает» в области, где частота волны приближается к циклотронной гирочастоте

Исследованы статистические характеристики динамики частиц при их резонансном взаимодействии с двумя волнами существенно различной частоты в различных режимах взаимодействия, определяемых амплитудами волн и расстоянием между резонансами в пространстве скоростей [Shklyar, Zimbardo, 2014].

Система антенн ОНЧ приемника, используемого для локации источника ОНЧ эмиссий, перенесена на расстояние около 200 м от здания обс. Ловозеро. Это привело к ослаблению помех на частотах гармоник промышленной сети примерно в 5-10 раз. По данным регистрации низкочастотного излучения от ионосферного источника в эксперименте по нагреву ионосферы в марте 2014 г. произведена калибровка вертикальной электрической компоненты, а также оценена ошибка определения азимута источника, не превысившая  $\pm 5^\circ$ .

По данным одновременных измерений вариаций ОНЧ излучений, интенсивности полярных сияний и геомагнитных пульсаций в сеансах 2014 г. проводилось исследование их пространственно-временной динамики. Анализ элементов матрицы поляризации трех компонент электромагнитного поля позволил оценить степень когерентности источника ОНЧ эмиссий, найти его эффективный азимут и сравнить его значения с положением



источников оптического излучения. Это иллюстрируется результатами, где азимутальное направление на источник совпадает с направлением на область пульсирующих сияний на севере [Fedorenko et al., 2014].

Публикации 2014 года (две статьи в соавторстве с ИФЗ вошли в отчет по теме 6.1.1).

*Статьи в журналах*

1. Böisinger T., **Demekhov A.G.**, Ermakova E.N., Haldoupis C., Zhou Q. Pulsating nighttime magnetic background noise in the upper ULF band at low latitudes, J. Geophys. Res. Space Physics. 2014. V.119, doi:10.1002/2014JA019906.
2. **Пасманик Д. Л., Демехов А. Г.** Влияние искусственных плазменных неоднородностей на распространение ОНЧ волн в магнитосфере Земли // Космич. исслед. 2014. Т. 52, № 1. С. 75–81.
3. **Демехов А. Г.** О вкладе В.Ю.Трахтенгерца в физику космической плазмы // Космич. исслед. 2015. Т. 53, № 1 (в печати).
4. Маннинен Ю., **Титова Е.Е., Демехов А.Г.,** Козловский А.Е., **Пасманик Д.Л.** Квазипериодические ОНЧ излучения: анализ периодов на различных временных масштабах // Космические исследования, 2014, том 52, № 1, стр. 63.-70.
5. Manninen J., **Demekhov A. G., Titova E. E., Kozlovsky A. E., Pasmanik D. L.** Quasi-periodic VLF emissions with short-period modulation and their relationship to whistlers: a case study // J. Geophys.Res. 2014. V.119, No.5. P. 3544–3557, DOI: 10.1002/2013JA019743.
6. **Титова Е.Е., Демехов А.Г., Мочалов А.А., Гвоздевский Б.Б., Могилевский М.М.,** Парро М. Возмущения в КНЧ/ОНЧ сигналах в верхней ионосфере над передатчиком НААРП, регистрируемые на спутнике DEMETER, Изв. вузов. Радиофизика. 2014 (направлено в печать).
7. **Беспалов П.А.,** Савина О.Н. Нелинейный отклик экваториальной токовой струи на внешние воздействия и его влияние на электромагнитные волны свистового диапазона в магнитосфере // Космические исследования. 2015. Т. 53. № 1 (в печати).
8. **Fedorenko Yu., Tereshchenko E., Pilgaev S., Grigoryev V., Blagoveshchenskaya N.** Polarization of ELF waves generated during "beat-wave" heating experiment near cut-off frequency of the Earth-ionosphere waveguide // Radio Science (принято к печати).
9. **Shklyar D. R., Kuzichev I. V.** Ion energization by ELF wave packets formed of lightning-induced emission in the low-altitude magnetosphere // Geophys. Res. Lett. 2014. 41, doi:10.1002/2013GL058692.

10. **Vavilov D.I., Shklyar D.R.** Ionospherically reflected proton whistlers // J. Geophys. Res. (принята к печати).
11. **Shklyar D. R., Zimbardo G.** Particle dynamics in the field of two waves in a magnetoplasma // Plasma Phys. Control. Fusion. 2014. V. 56, No 9, doi:10.1088/0741-3335/56/9/095002.

*Статьи в трудах конференций*

1. Федоренко Ю. В., Е. Д. Терещенко, В. Ф. Григорьев, А. В. Ларченко, Поляризация низкочастотного магнитного поля на земной поверхности при модификации ионосферы мощным КВ излучением. Труды III Всероссийской научной конференции «Проблемы военно-прикладной геофизики и контроля состояния природной среды», (Санкт-Петербург, 16-17 апреля 2014 г.) /под общ. ред. М. М. Пенькова. - В 2-х т. - СПб.: ВКА им. А. Ф. Можайского, 2014. - Т.2. - С. 408-415.

Рук. темы:

д.ф.-м.н. Демехов А.Г., ИПФ РАН, andrei@appl.sci-nnov.ru  
д.ф.-м.н. Беспалов П.А., ИПФ РАН, peter@appl.sci-nnov.ru  
к.ф.-м.н. Титова Е.Е., ПГИ КНЦ РАН, lena.titova@gmail.com  
к.ф.-м.н. Черноус С.А., ПГИ КНЦ РАН, chernouss@pgia.ru  
д.ф.-м.н. Шкляр Д. Р., ИКИ РАН, david@iki.rssi.ru

### **Тема 6.1.3 Низкочастотные волновые явления в околоземной среде**

Проведен цикл работ, посвященный как разработке теоретических моделей волновых явлений в магнитосфере и ионосфере Земли, так и обработке данных спутниковых и наземных наблюдений. Из теоретических работ, нацеленных на создание интерпретационных моделей для космического проекта "Резонанс", можно выделить расчеты структуры вдоль силовой линии баллонных мод в магнитосферной плазме. В рамках равновесной конфигурации, моделирующей неоднородную магнитосферную плазму конечного давления в криволинейном магнитном поле, были рассчитаны спектральные характеристики и пространственная структура собственных баллонных мод.

Анализ данных микроспутника Чибис, подкрепленный теоретическим моделированием, показал, что с помощью современных электрических датчиков на борту низкоорбитальных спутников возможно регистрировать в верхней ионосфере УНЧ-КНЧ электромагнитные структуры, возбуждаемые атмосферной грозовой активностью: ионосферный альвеновский резонатор и шумановский резонанс.

Разработана теоретическая модель взаимодействия магнитосферной МГД волны с многослойной системой ионосфера - атмосфера - земля. Опираясь на эту модель, удалось количественно проинтерпретировать эффекты модуляции плотности ионосферной плазмы и сигналов навигационной системы GPS геомагнитными пульсациями, и обосновать возможность проведения магнитотеллурического зондирования планетной проводимости по спутниковым данным.

#### **Публикации по теме**

Мазур Н.Г., Федоров Е.Н., Пилипенко В.А., Продольная структура баллонных МГД возмущений в модельной магнитосфере, Космические исследования, 52, №3, 1–11, 2014.

Федоров Е.Н., В.А. Пилипенко, Электромагнитное зондирование планет с низкоорбитального зонда, Космические исследования, 52, № 1, 48–53, doi: 10.7868/S0023420614010038, 2014.

Dudkin, D., V. Pilipenko, V. Korepanov, S. Klimov, R. Holzworth, Electric field signatures of the IAR and Schumann resonance in the upper ionosphere detected by Chibis-M microsatellite, J. Atmospheric Solar-Terr. Physics, 81-87, DOI: 10.1016/j.jastp.2014.05.013, 2014.

Pilipenko, V., V. Belakhovsky, A. Kozlovsky, E. Fedorov, K. Kauristie, ULF wave modulation of the ionospheric parameters: Radar and magnetometer observations, J. Atmosph. Solar-Terr. Physics, 108, 68-76, 10.1016/j.jastp.2013.12.015, 2014.

Рук. работ - д.ф.м.н. Пилипенко В.А., pilipenko\_va@mail.ru

#### **Тема 6.1.4. Авроральное километровое излучение и его связь с процессами в магнитосфере**

Авроральное километровое излучение (АКР) представляет собой мощное естественное электромагнитное радиоизлучение, механизмом генерации которого является циклотронная мазерная неустойчивость на локальной гирочастоте электронов, развивающаяся в областях с пониженной плотностью плазмы – каверне Кальверта, в которой плазменная частота  $f_{pe}$  ниже гирочастоты электронов  $f_{ce}$ . На основе измерений электромагнитного излучения в диапазоне частот 4 кГц – 1 МГц, сделанных на борту спутника ИНТЕРБОЛ-2 при помощи прибора ПОЛЬРАД, был рассмотрен режим генерации АКР в начале или конце цуга колебаний. Показано, что при установлении режима генерации развитие циклотронной неустойчивости очень чувствительно к внешним условиям, а именно изменению концентрации фоновой плазмы. Интенсивность АКР зависит от плотности потока энергичных частиц, инжектируемых из хвоста магнитосферы. В

области генерации АКР, при развитии циклотронной мазерной неустойчивости питч-угол энергичных частиц приближается к направлению магнитного поля в этой области. В результате этого поток высыпающихся частиц в ионосферу несколько увеличивается, что приводит, в свою очередь к увеличению потока восходящих ионосферных частиц, появившихся в результате столкновения магнитосферных частиц с частицами ионосферы. Восходящие потоки подавляют циклотронную неустойчивость и генерация АКР прекращается. Оказалось, что эти процессы описываются системой балансных уравнений, выведенных В.Ю. Трахтенгерцем с соавторами для магнитосферного циклотронного мазера в приэкваториальной магнитосфере:

$$\begin{cases} \frac{dN}{dt} = -kEN \\ \frac{dE}{dt} = (\gamma - \nu)E \end{cases}$$

где  $N$  - концентрация энергичных частиц,  $E$  - плотность энергии АКР,  $\gamma = hN$ , - инкремент неустойчивости,  $\nu$  — декремент затухания волн,  $k$  и  $h$  — коэффициенты, определяющие потери энергичных частиц.

Анализ этих уравнений показал, что характерный период модуляции интенсивности АКР (6-10 минут) определяется временем подъема ионосферной плазмы до области генерации.

Публикации:

Moiseenko I., Mogilevsky M., Observation of AKR generation as a self-oscillating system // Abstracts of the 40th COSPAR Scientific Assembly. TFS-L-244 D3.4-0044-14, 2014.

Moiseenko I.L., Mogilevsky M.M., Observation of autooscillation regime of AKR generation // Сборник тезисов 37 ежегодного семинара «Physics of auroral phenomena», с. 24, 2014.

Руководитель темы к.ф.-м.н. Моглевский М.М. (ИКИ РАН), [mogilevsky@romance.iki.rssi.ru](mailto:mogilevsky@romance.iki.rssi.ru)

## Проект 6.2. Процессы ускорения заряженных частиц в магнитосфере

### Тема 6.2.1. Экспериментальные исследования механизмов ускорения заряженных частиц в хвосте магнитосферы.

1. Многоспутниковые наблюдения Cluster и THEMIS позволили впервые наблюдать явление мелкомасштабной филаментации токового слоя (ТС) в ближней области геомагнитного хвоста на расстоянии от Земли  $\sim 9R_E$  ( $R_E$  - радиус Земли) в процессе ослабления/разрушения поперечного тока в ТС. Характерный радиальный размер токовых филамент составил  $\sim 450$

км, что меньше ионного гирорадиуса и свидетельствует о доминирующей роли динамики электронов в данном процессе. В результате изменений магнитной конфигурации ТС наблюдалась генерация электрических полей с амплитудой до 40 мВ/м и эффективное ускорение электронов и протонов до энергий более 100 кэВ. Ослабление/разрушение тока в ТС сопровождалось его ответвлением вдоль силовых линий магнитного поля и формированием системы продольных токов, замыкающихся в ионосфере, что было подтверждено наземными наблюдениями значительной отрицательной вариации горизонтальной компоненты геомагнитного поля [Grigorenko et al., 2014].

2. На основе статистического анализа наблюдений спутниками CLUSTER потоков энергичных ( $> 150$  кэВ) ионов ионосферного происхождения ( $H^+$ ,  $He^+$ ,  $O^+$ ) в плазменном слое ближних областей геомагнитного хвоста установлен факт эффективного ускорения данных ионных компонент вблизи магнитной X-линии. Статистический анализ энергетических спектров ионов выявил более эффективное ускорения тяжелых ионов ( $O^+$ ) по сравнению с ионами  $H^+$  и  $He^+$ . Анализ вариаций магнитного поля, наблюдаемых одновременно с возрастаниями потока энергичных ионов показал, что наиболее эффективное ускорение ионов наблюдается либо внутри плазматидов с хвостовой стороны от X-линии, либо на фронте диполизации магнитного поля с земной стороны от X-линии [Luo et al., 2014].

#### **Список публикаций.**

Grigorenko E.E., R. Koleva, Yu. Khotyantsev, E.A. Kronberg, S. Dubyagin, L.M. Zelenyi, Signatures of the current sheet disruption and filamentation in the Near-Earth magnetotail. Cluster and THEMIS conjugate observations, J. Geophys. Res., 2014 (послана в печать).

H. Luo, E. A. Kronberg, E. E. Grigorenko, M. Fränz, G. X. Chen, A. M. Du, P. W. Daly, L. M. Kistler, and Y. Wei, Evidence of strong energetic ion acceleration in the near-Earth magnetotail, Geophys. Res. Lett., DOI: 10.1002/2014GL060252, 2014.

**Руководитель темы:** д.ф.-м.н. Григоренко Елена Евгеньевна, ИКИ РАН  
[elenagrigorenko2003@yahoo.com](mailto:elenagrigorenko2003@yahoo.com)

#### **Тема 6.2.2. Процессы переноса энергии и импульса плазменного магнитосферного хвоста.**

Наблюдения трех спутников THEMIS в Токовом Слое (ТС) ближнего хвоста (на расстоянии от Земли  $\sim 10 R_E$ ) позволили установить факт генерации изгибной и тиринг - неустойчивых мод при внедрении потока ускоренной плазмы в малоподвижную плазму плазменного слоя

ближнего хвоста [Grigorenko et al., 2014]. Источником свободной энергии для генерации неустойчивых мод послужило формирование тонкого и интенсивного ТС, вложенного в более толстый слой. Увеличение электрического поля конвекции, связанное с прибытием ускоренного потока, вызвало дальнейшее усиление тока во вложенном слое и послужило триггером к развитию неустойчивых мод. Важно, что изгибная мода имела более высокий инкремент, по сравнению с тиринг-модой; это согласуется с теоретическими моделями.

#### **Список публикаций.**

Е.Е. Grigorenko, J.-A. Sauvaud, L. Palin, C. Jacquey, L.M. Zelenyi, THEMIS observations of the current sheet dynamics in response to the intrusion of the high-velocity plasma flow into the near-Earth magnetotail, J. Geophys. Res. Space Physics, 119, doi:10.1002/2013JA019729, 2014.

**Руководитель темы:** академик Зеленый Лев Матвеевич, Институт космических исследований РАН, [lzelenyi@iki.rssi.ru](mailto:lzelenyi@iki.rssi.ru)

### **Проект 6.3. Плазменно-волновые структуры в магнитосфере Земли**

**Тема 6.3.1: Исследование аврорального структурирования и турбулентных явлений в магнитосферно-ионосферной плазме.**

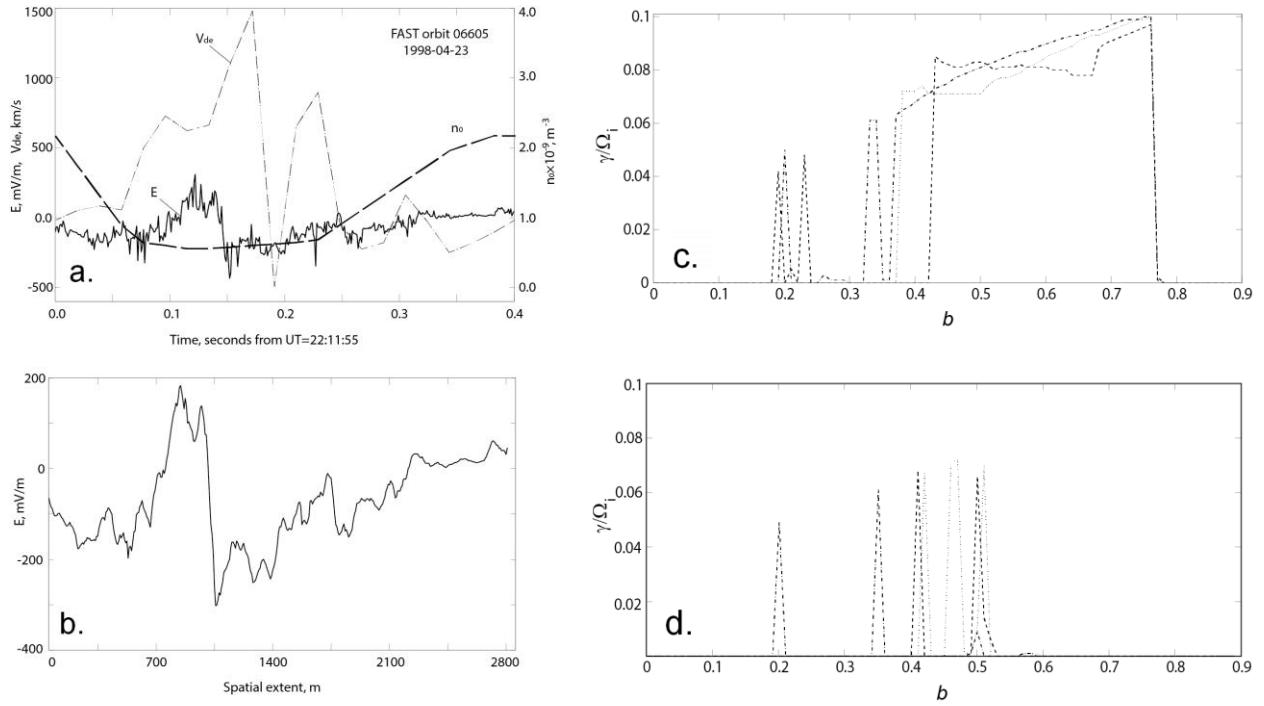
**Многоточечные наблюдения полярных сияний и развитие методов обработки наблюдений.**

В зимний сезон 2013-2014 гг. проведены наблюдения системой авроральных камер MAIN (Multiscale Aurora Imaging Network) в Апатитах. Проведена предварительная обработка и систематизация полученных данных, результаты которой в виде кеограмм и avi-фильмов представлены в свободном доступе по адресам <http://aurora.pgia.ru:8233/archive.html> и <http://aurora.pgia.ru:8233/events.html>.

**Исследование электростатической турбулентности внутри нелинейных структур альфвеновского типа.**

Исследована возможность возбуждения различных ветвей электростатической турбулентности внутри нелинейных структур альфвеновского типа (масштабы  $\sim 10^3$  м) в верхней авроральной ионосфере. С привлечением наблюдений спутника FAST показано, что, в общем случае, такие структуры эффективны в возбуждении электростатических ионно-циклотронных (EIC) колебаний, модифицированных сдвигами поперечной  $E \times B$  скорости частиц в неоднородных электрических полях, а также ионно-звуковых (IA) колебаний, модифицированных сдвигами продольной направленной скорости ионов. Доминирующая ветвь колебаний определяется взаимодействием различных

дестабилизирующих факторов внутри структуры. Эти факторы не всегда действуют в унисон, что может приводить к подавлению электростатических волн определённого типа.



**Рис. 1** (а) Распределения электрического поля  $E$ , токовой скорости электронов  $V_{de}$  и концентрации плазмы  $n_0$  внутри нелинейной структуры альфвеновского типа, наблюдаемой спутником FAST в авроральной ионосфере (высота  $\sim 1000$  км); (б) неоднородное электрическое поле внутри структуры на масштабах больших инерционной длины электрона  $\lambda_e$  (используется при задании фоновой конфигурации, в которой возбуждаются электростатические волны); (с) решения для ЕИС неустойчивости (инкремент  $\gamma > 0$ ), возбуждаемой в неоднородном электрическом поле, приведённом на панели (б), для действительных частот  $\omega_r = 0.93$  (штриховая линия),  $\omega_r = 0.94$  (пунктирная линия) и  $\omega_r = 0.95$  (штрихпунктирная линия), частоты нормированы на гирочастоту иона,  $m_i/m_e = 29392$  (ион  $O^+$ ),  $T_i/T_e = 1$ ,  $u = k_{\parallel}/k_{\perp} = 0.1$ ,  $b = (k_y \rho_i)^2 / 2$ ; (д) подавление ЕИС неустойчивости при учёте сильного продольного тока внутри структуры, сдвинутого по фазе относительно электрического поля  $E$  (токовая скорость  $V_{de}$  показана штрихпунктирной кривой на панели (а)). Несмотря на то, что совместное действие сдвинутых по фазе неоднородного электрического поля и продольного тока приводит к подавлению ЕИС-неустойчивости, модифицированной сдвигами скорости  $E \times B$ , было показано, что рассматриваемая структура



может возбуждать IA ветвь колебаний за счёт сильных сдвигов продольной скорости ионов внутри структуры.

**Публикации рецензированные:**

Golovchanskaya I.V., Kozelov B.V., Chernyshov A.A., Mogilevsky M.M., Ilyasov A.A. Branches of electrostatic turbulence inside solitary plasma structures in the auroral ionosphere, *Phys. Plasmas*, 21, 082903, doi:10.1063/1.4891668, 2014.

Guinea V., Despirak I., Kozelov B., Variations of substorms connected with different solar wind conditions // *Aerospace Research in Bulgaria*, N26, 2014, ISSN 0861-1432 (in press).

Guinea V., Despirak I., Kozelov B., Substorm observations in Apatity during 2012/13 winter season: a case study // *Sun and Geosphere* (submitted).

**Труды конференций:**

Kozelov B.V., Application of mathematical morphology to data of ground-based auroral observations, // “Physics of Auroral Phenomena”, Proc. XXXVII Annual Seminar, Apatity, pp. 42-45, 2014.

Guinea V., Despirak I., Kozelov B. Substorms observations in Apatity during different solar wind conditions // “Physics of Auroral Phenomena”, Proc. XXXVII Annual Seminar, Apatity, pp. 14-17, 2014.

Kozelov B.V. MAIN (Multiscale Aurora Imaging Network) auroral cameras: overview of events observed during last winter seasons // *Proceedings of 10<sup>th</sup> International Conference “Problems of Geocosmos”* – St.-Petersburg, 6-10 October 2014, ISBN. – в печати.

Guinea V., Despirak I.V., Kozelov B.V. Substorms observations in Apatity during different solar wind conditions // *Proceedings of 10<sup>th</sup> International Conference “Problems of Geocosmos”* – St.-Petersburg, 6-10 October 2014, ISBN. – в печати.

**Рук.темы:** д.ф.-м.н. Козелов Б.В., Полярный геофизический институт КНЦ РАН, boris.kozelov@gmail.com

**Тема 6.3.2. Аналитическое описание структуры, стационарного состояния и внутренней динамики крупномасштабных магнитосфероподобных плазменных объектов в рамках кинетической теории**  
**О влиянии безразмерных параметров, характеризующих поток горячей бесстолкновительной плазмы, на показания магнитного датчика и их измерение**



Проведен предварительный анализ работы магнитного датчика в потоке горячей бесстолкновительной плазмы или движущегося в ней с космическими скоростями, в режиме скоростей меньших тепловых скоростей электронов. В этих условиях показания магнитного датчика могут отличаться от его показаний в отсутствии плазмы и ее потока. Токовые системы магнитного датчика, находящегося во взаимодействии с потоком, индуцируют в потоке магнитосфероподобные токовые системы, которые изменяют магнитные поля. Эти взаимодействия выражаются через интегральные импедансные характеристики магнитного датчика, которые, в соответствии с теоремой взаимности, вычисляются при рассмотрении датчика, как индуктора с заданным током. Проведены вычисления опорных импедансов в случае потоков с максвелловской функцией распределения, когда можно пренебречь параметром добротности и провести измерения датчиком только магнитного числа Рейнольдса и соответствующего ему аномального скин-масштаба потока.

#### **К кинетическому описанию расширяющихся горячих плазменных корон**

Показано, что плазменные короны, сформированные в результате разлетов плазмы Солнца и звезд и разлетов лазерной плазмы в физике высоких плотностей энергии (ФВПЭ) подобны внешне, представляя собой ансамбль магнитосфероподобных стримеров. Показано, что стримеры формируются в результате взаимодействия горячего потока расширяющейся бесстолкновительной плазмы с магнитоактивными областями, находящимися в основаниях. В основе взаимодействия возбуждение потоком в области непрозрачности бесстолкновительной плазмы «волнового пакета» индукционных электромагнитных мод. В частности, на основе полученного выражения для импедансных характеристик отдельного стримера, можно определить «нагрев» проходящего потока максвелловской плазмы «трением» о намагниченность.

**Gubchenko V.M.** Global magnetosphere-like 3D structures formation in kinetics by hot magnetized plasma flow characterized by shape of the particle distribution function // Abstracts of the 40th COSPAR Scientific Assembly, Moscow, Russia, 2–10 August 2014, D2.1-0040-14.

**Губченко В.М.** К трехмерному кинетическому описанию электромагнитного индукционного поля сформированного потоком горячей плазмы. «Мощная импульсная электрофизика». Международная конференция XIV Харитоновские тематические научные чтения, 12-16 марта 2012 г., ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров. Сборник докладов. С. 21-30. 2013 ISBN 978-5-9515-0214-8. (опубликовано в 2014 году)

**Gubchenko V.M.** К кинетическому описанию формирования 3d магнитосфероподобных структур намагниченными потоками плотной плазмы. Труды и тезисы XII международной

конференции «Забабахинские научные чтения», 2–6 июня 2014, ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ», г. Снежинск, Челябинская область, Россия.

**Губченко В.М.** К кинетическому описанию расширяющихся горячих плазменных корон. Тезисы XVIII-ой всероссийской ежегодной конференции по физике Солнца «Солнечная и солнечно-земная физика-2014» 20-24 октября 2014 года, Санкт-Петербург, ГАО РАН, С. 33-34. <http://www.gao.spb.ru/russian/solphys/2014/sszf2014.pdf>

Руковод. темы: Губченко В. М., ИПФ РАН, ua3thw@appl.sci-nnov.ru

### **Тема: 6.3.3. Физическое моделирование околопланетных плазменных границ для решения фундаментальной проблемы взаимодействия солнечного ветра с Землей и другими планетами**

На основе теоретического анализа и наблюдений геомагнитопаузы спутниками серии Прогноз обновлена аналитическая модель этой границы. Такая модель достаточно хорошо согласуется с результатами наблюдений геомагнитопаузы спутниками Прогноз/Интербол при различных динамических давлениях солнечного ветра. Особенностью новой модели является описание зависимости положения магнитопаузы от угла между направлением солнечного ветра и межпланетного магнитного поля.

Выявлена зависимость положения экваториальной границы полосы поляризационного джета от величины AE индекса, соответствующего началу вспышки суббуревой активности. Показано, что эта зависимость совпадает с зависимостью положения внутренней границы инжекции энергичных ионов также от величины AE индекса. Такое совпадение в широком диапазоне изменений AE-индекса свидетельствует о том, что рассматриваемые границы физически взаимосвязаны и формируются на одних и тех же инвариантных широтах при развитии суббури в магнитосфере.

### **Публикации**

М.И. Веригин, Г.А. Котова, В.В. Безруких, А.П. Ремизов, О влиянии давления и натяжения силовых линий магнитного поля в магнитошите на положение и форму геомагнитопаузы, Девятая ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", 10-14 февраля 2014 г., Москва, Сб. тезисов докладов, стр. 112.

Verigin, Mikhail; Tatrallyay, Mariella; Erdos, Geza; Kotova, Galina; Bezrukikh, Vladilen; Remizov, Anatoly, The influence of magnetosheath magnetic field line stress and pressure on the geomagnetopause position and shape, The 40-th COSPAR Scientific Assembly, 2-10 Aug. 2014, Moscow, Russia, Abstract D3.5-0014-14.

M.Verigin, G. Kotova, M. Tatralay, G.Erdos, V. Bezrukikh, A.Remizov, Interplanetary magnetic field pressure and magnetic field line stress contribution into the geomagnetopause stagnation point pressure, SCOSTEP's 13 Quadrennial Solar-Terrestrial Physics Symposium, 12-18 Oct. 2014, Qi'An, China, Abstract book, p. 194.

В.Л. Халипов, Вариации положения поляризационного джета и границы инжекции энергичных ионов во время суббуревой активности, Девятая ежегодная конференция "Физика плазмы в солнечной системе", 10-14 февраля 2014 г., Москва, Сб. тезисов докладов, стр. 127.

Khalipov, Victor ; Stepanov, Alexandr; Bondar, Elena; Kotova, Galina, Concurrence of the equatorward edge of the polarization jet and energetic ion injection boundary during substorms, The 40-th COSPAR Scientific Assembly, 2-10 Aug. 2014, Moscow, Russia, Abstract D3.2-0015-14.

V.Khalipov, A. Stepanov, E. Bondar', G. Kotova, A proof of coincidence of the equatorward edge of the polarization jet and energetic ion injection boundary during substorms, SCOSTEP's 13 Quadrennial Solar-Terrestrial Physics Symposium, 12-18 Oct. 2014, Qi'An, China, Abstract book, p.193.

Руководитель темы: д.ф.-м.н., Веригин М.И., ИКИ РАН, verigin@iki.rssi.ru

#### **Тема 6.3.4. Квазистационарные структуры в хвосте магнитосферы**

Подготовлен обзор результатов наблюдений токового слоя хвоста магнитосферы Земли в проекте Cluster. Токовые слои --- один из основных типов динамических структур в плазменных системах с преобладанием теплового давления плазмы. Европейский многоспутниковый проект Cluster позволил получить существенные новые данные по токовым слоям в хвосте магнитосферы Земли, в частности о величине электрических токов, о градиентах плазмы и магнитного поля. Всего было зарегистрировано несколько сотен событий разного типа. В обзоре рассмотрены методы измерений и обработки данных, их ограничения и возможности применения. Приведены исчерпывающие результаты по горизонтальным токовым слоям с масштабом порядка ларморовского радиуса протона: рассмотрены профили плотности тока, плотности и температуры, баланс протонного и электронного тока, выделена токонесущая компонента функции распределения протонов. Учтены эффекты слабой двумерности. Показано соответствие наблюдений модели тонкого токового слоя на пролетных ионах. Представлены также результаты по новому типу токового слоя, открытому в ходе проекта – вертикальному токовому слою. Рассмотрены

закономерности утоньшения и вытягивания токового слоя в ходе фазы роста суббури. В заключение обсуждено значение результатов и отмечены основные нерешенные вопросы по структуре и динамики токового слоя хвоста.

А.А. Петрукович , А.В. Артемьев, И.Ю. Васько, Л.М. Зеленый, Р. Накамура, Токовые слои в хвосте магнитосферы Земли. Длякниги «Плазменнаягелиогеофизика», т.3, ИКИРАН, печати.

A.A. Petrukovich, A.V. Artemyev, I.Y. Vasko, R. Nakamura, L. Zelenyi, Current sheets in the Earth magnetotail: plasma and magnetic field structure with Cluster project observations  
Space Sci. Rev, accepted, 2014.

L.M. Zelenyi, A.A. Petrukovich, Current Sheets in Space Plasmas, Plenarytalk, 41st European Plasma Conference, Berlin, 23.- 27.6.2014

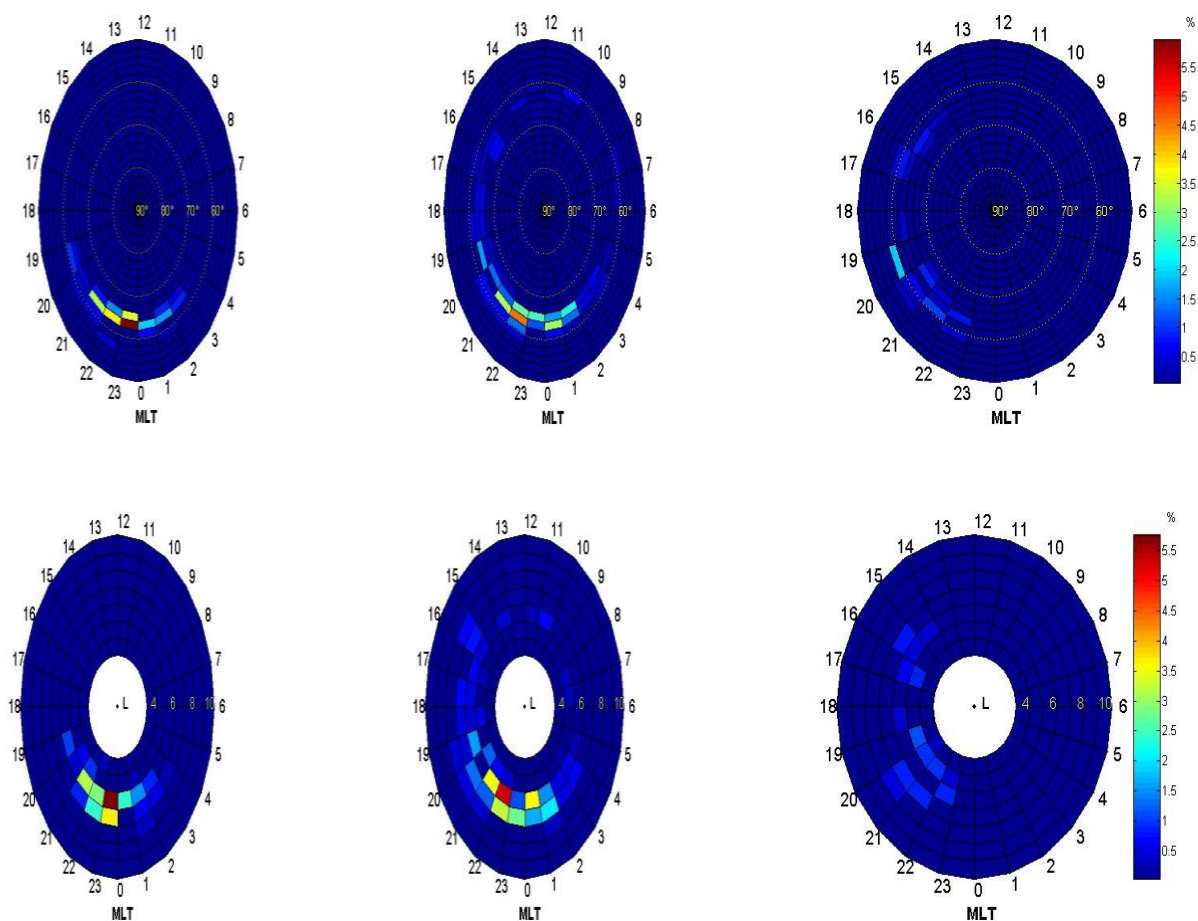
Рук. Проекта Петрукович А.А., ИКИ РАН

## Проект 6.4. Плазменные процессы в магнитосфере Земли

### Тема 6.4.1. Особенности протонных и электронных высыпаний в периоды геомагнитных возмущений, их связь с волновыми явлениями и с вариациями полей и частиц в магнитосфере

По данным спутников NOAA POES исследована морфология высыпаний релятивистских ( $E \sim 1$  МэВ) электронов [Yahnin et al., 2014]. В зависимости от взаимосвязи с высыпаниями энергичных ( $E > 30$  кэВ) электронов и протонов выделено три типа высыпаний релятивистских электронов; для каждого типа высыпаний построены глобальные распределения вероятности наблюдения. Сделаны выводы о возможных механизмах рассеяния в конус потерь для каждого типа высыпания релятивистских электронов.

Высыпания РЭ на границе захвата	Высыпания РЭ, коррелированные с высыпанием энергичных электронов	Высыпания РЭ, коррелированные с высыпанием энергичных протонов
---------------------------------	--	--



По данным магнитосферных и низкоорбитальных спутников рассмотрены некоторые характеристики области источника вспышек протонных сияний на дневной стороне во время скачков давления солнечного ветра [Яхнин и др., 2015]. В частности, показано, что (1) область развития ионно-циклотронной неустойчивости, в результате которой происходит высыпание протонов, приводящее к вспышкам, обычно находится вне плазмосферы; (2) в дневной внешней магнитосфере высыпания энергичных протонов с относительно низкой интенсивностью наблюдаются и до скачка давления, что указывает на выполнение здесь условий для развития ионно-циклотронной неустойчивости. Быстрое сжатие магнитосферы солнечным ветром приводит к резкому увеличению инкремента неустойчивости и, как следствие, к резкому росту потоков высыпающихся протонов, приводящему к вспышкам протонного сияния.

На основе одновременных наблюдений спутников Polar, Geotail и WIND показано [Дэспирак и др., 2014a; Despirak et al., 2014], что область магнитного пересоединения (разрыва тока) наблюдается ближе к Земле, когда суббури происходят во время

прохождения мимо Земли магнитных облаков (MC) солнечного ветра, и дальше по расстоянию от Земли, когда суббури происходят во время высокоскоростных рекуррентных потоков солнечного ветра (HSS).

На основе данных магнитных станций IMAGE и базы данных OMNI по солнечному ветру выполнен сравнительный анализ условий появления суббурь разных типов на высоких геомагнитных широтах [Дэспирак и др., 2014b]. Показано, что «полярные» суббури - суббури, для которых возмущения есть только на широтах  $>70^\circ$ , - наблюдаются при низкой скорости солнечного ветра, после прохождения высокоскоростного рекуррентного потока, на поздней восстановительной фазе геомагнитной бури.

По данным спутника THEMIS-E на  $r \sim 8.2 R_E$  и MLT=4 час обнаружен случай появления транзиентной структуры ионов с энергиями 2-10 кэВ без дисперсии, наблюдавшийся одновременно с импульсом квазирадialного электрического поля [Kozelova et al., 2014]. Событие произошло после внезапного поворота  $B_z$  ММП к северу. Эта структура интерпретирована как результат импульсного ускорения частиц во время суббуревой интенсификации, произошедшей под воздействием внешнего триггера.

На основе телевизионных данных обс. Лопарская, Ловозеро и Туманный, а также измерений магнитного поля солнечного ветра на спутниках ACE и WIND обнаружена отчетливая корреляция вариаций полного магнитного поля солнечного ветра и яркости сияний при зависящем от скорости солнечного ветра временном сдвиге между спутниковыми и наземными данными [Kornilov, Kornilova, 2014].

Публикации:

Яхнина Т.А., Яхнин А.Г. Протонные высыпания к экватору от изотропной границы во время геомагнитной бури 20-29 ноября 2003 года. Космические исследования. 2014, том 52, № 1, с. 82–88.

Семенова Н.В., Яхнин А.Г. Резкое изменение резонансной структуры в спектре электромагнитного шума в герцовом диапазоне во время суббури. Геомагнетизм и аэрoномия, 2014, том 54, № 3, с. 341–347.

Дэспирак И.В., Любич А.А. Колева Р. Магнитосферные признаки авроральных возмущений во время прохождения CIR и SHEATH областей солнечного ветра. Космические исследования. 2014а. Т. 52, №1, стр. 39-47.

Дэспирак И.В. Любич А.А., Клейменова Н.Г. «Полярные» и «высокоширотные» суббури и условия в солнечном ветре. Геомагнетизм и аэрoномия. 2014b. Т. 54, №5, стр. 619-626.



Дмитриева, Н.П., М.М. Белошкурская, Т.А. Корнилова, И.А. Корнилов, Связь дискретных авроральных структур, дрейфующих к экватору во время взрывной фазы суббури, с инжекциями энергичных частиц на геостационарной орбите, Космические исследования, т.52, N4, 277-285, 2014

Despirak Irina, Andris Lubchich, Rositza Koleva. Magnetotail observations of substorms signatures during different solar wind streams // Proceedings of Ninth Scientific Conference with International Participation "Space, Ecology, Safety". – 20-22 November 2013, Sofia, Bulgaria. 2014. ISSN 1313-3888, P 32-35.

Kornilov I.A., Kornilova T.A. Northern auroral structures before breakup and solar wind // Proceedings of 37<sup>th</sup> Annual Seminar "Physics of auroral phenomena", 2014 P. 18-21. ISBN. 978-5-91137-286-6.

Kozelova T.V., Kozelov B.V., Substorm intensification from THEMIS satellite observations and Bz component changes // "Physics of Auroral Phenomena", Proc. XXXVII Annual Seminar, Apatity, 2014. C. 22-25. ISBN. 978-5-91137-286-6.

Yahnin A.G., Yahnina T.A., Semenova N.V., Gvozdevsky B.B. Precipitation of relativistic electrons as seen by NOAA POES // Proceedings of XXXVII Apatity seminar "Physics of auroral phenomena". - Apatity: Kola Science Center RAS. 2014. - P.46-50; подготовлена статья для публикации в *J. Geophys. Res.*

Руководитель: А.Г. Яхнин, ПГИ КНЦ РАН, ayahnin@gmail.com

#### **Тема. 6.4.2 ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ СОЛНЕЧНОГО ВЕТРА С МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ ЗЕМЛИ В ГЕОМАГНИТНОЙ АКТИВНОСТИ И ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ UT и годовая вариация частоты появления SSC**

Поскольку SSC, обусловленное приходом ударной волны, является элементом последующего развития геомагнитной активности (ГА), то UT и годовое распределение числа SSC также является распределением числа возмущений, рост которых начинается с взаимодействия сжатой на фронте ударной волны плазмы с магнитосферой. Мы используем данные ММП, скорости солнечного ветра  $V$  за 1968-2011г. UT распределение числа SSC показывает средний максимум в 13.5 ч. Главный параметр для объяснения UT и годовой вариации ГА в рамках нашей модели взаимодействия электрических  $E$  и магнитных полей солнечного ветра с магнитным моментом Земли  $M_e$  – это компонента  $E$  в плоскости уз:  $E_{mv}=VB_yM_y$ , которая геоэффективна при  $B_y<0$  в 1-ой половине года, а при  $B_y>0$  во 2-ой.

Рассчитанная на основе данных компонента  $E_{mv}$  имеет средний максимум в  $13.5 \pm 3$  ч в июле-ноябре. Это позволяет рассматривать этот интервал UT, совпадающий с максимумом появления SSC, как наиболее благоприятный для роста ГА при  $V_y > 0$ . В годовом распределении SSC видны 2 группы полугодовых пиков в апреле, октябре и мае, ноябре, а также абсолютный максимум в августе-июле. Чтобы понять это распределение мы исследовали годовую вариацию  $K_p$  для  $K_p > 4$  при различных знаках  $V_y$ ,  $V_x$  ММП. Эта годовая вариация  $K_p$  показывает четкие максимумы в мае ( $V_y < 0$ ,  $V_x < 0$ ), июле и ноябре ( $V_y > 0$ ,  $V_x > 0$ ). Такая ориентация ММП говорит о нарушении знака компонент спирали Паркера и указывает на магнитные поля, драпирующие выброс солнечной плазмы в области непосредственно за ударным фронтом задолго до прибытия самого выброса к магнитосфере. Кроме того, полученная секторная структура ММП для солнечных циклов N20-23 дает самую большую величину  $E$  в потоках для нечетных циклов независимо от их амплитуды (23,21) при  $V_y > 0$ ,  $V_x > 0$ , что и объясняет наличие абсолютного максимума распределения SSC во 2-й половине года. Таким образом показано, что пики годового распределению появления SSC в мае, ноябре и августе-июле обусловлены ММП с нарушенной секторной структурой спирали сразу за фронтом ударной волны вследствие драпировки выбросов солнечной плазмы в сжатом ударном слое задолго до прибытия самих выбросов к магнитосфере. Результаты исследования UT и годового распределения числа SSC подтверждают наше правило, что ГА будет большой с прибытием ударной волны, если в 1-ой половине года за фронтом  $V_y < 0$ , а во 2-й  $V_y > 0$ . UT и годовая вариация SSC имеет профиль, подобный UT и годовой вариации ГА для ее высокого уровня, когда наряду с классическими пиками вблизи равноденствий появляются дополнительные максимумы во 2-й половине года в июле, ноябре и в 1-й половине года в мае.

Kuznetsova T.V. The UT and annual variation of SSC occurrence frequency. 10<sup>th</sup> International conference "Problems of Geocosmos", St. Petersburg, October 6-10, 2014. Book of abstracts, p.170

Кузнецова Т.В. Динамика параметров потоков солнечного ветра и характеристик геомагнитной активности при различных углах спирали ММП вблизи орбиты Земли в период циклов 20-24.10-14 февраля 2014 г., ИКИ РАН, Сборник тезисов, стр. 109

Кузнецова Т. В., Петров В.Г., Лаптухов В.А. Полугодовая вариация  $P_c$  - индекса для северной и южной полярных шапок, 10 конференция "Физика плазмы в солнечной системе", 10-14 февраля 2014 г., ИКИ РАН, Сборник тезисов, стр. 121

T.Kuznetsova. Dynamics of solar wind flows and characteristics of geomagnetic activity at different angles of IMF spiral for period of space measurements at near-Earth orbit. 40th COSPAR



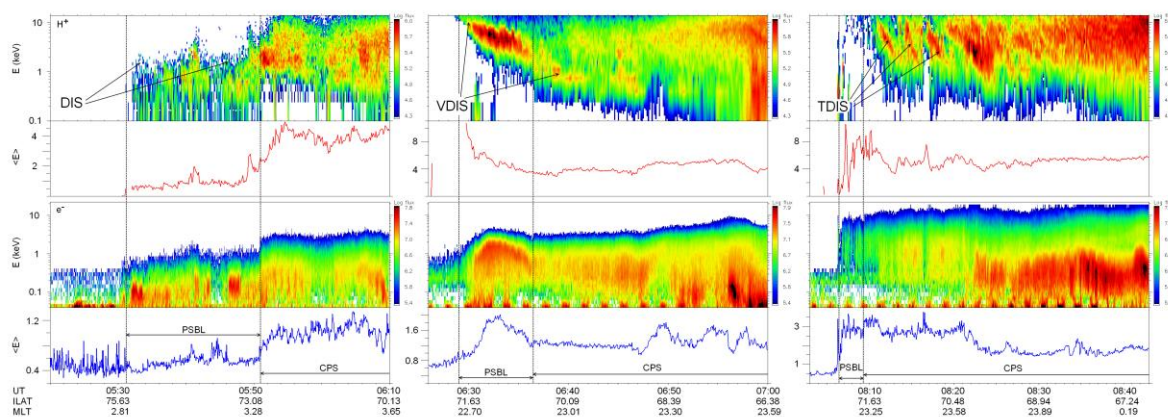
Scientific Assembly, Moscow, Russia, 2-10 August 2014. (Oral report)

*T.Kuznetsova. Long-term variability of electromagnetic characteristics in solar wind streams and its connection with 22-year solar magnetic cycle and geomagnetic activity for measurement period 1964-2014 at near-Earth orbit. SCOSTEP's 13th Quadrennial Solar-Terrestrial Physics Symposium (STP13) October 12 – 18, 2014, Xi'An, Shanxi, China. (Oral report)*

Руководитель Кузнецова Т.В., ИЗМИРАН, [tvkuz@izmiran.ru](mailto:tvkuz@izmiran.ru)

### Тема 6.4.3. Исследования динамики сверхтепловой плазмы солнечного и ионосферного происхождения в авральной магнитосфере,

**Первый результат:** Выявлено три основных типа состояния (режима) PSBL и CPS плазменных слоев по данным спутника ИНТЕРБОЛ-2 (базу данных составляют 355 сечений магнитосферы за период 27.10.1996 – 29.04.1998). Эти состояния характеризуются следующим: **I тип** - наличие диффузной популяции (DIS – Diffuse Ion Structure), **II тип** - наличие дисперсионной структуры энергия-широта (VDIS - Velocity Dispersed Ion Structure), **III тип** - наличие 3-4 ионных инъекций длительностью каждой 2-3 мин (TDIS – Temporally Ion Dispersed Structure). Средняя энергия протонов составляет ~ 0.5-1.4 кэВ, электронов – ~ 0.2-0.6 кэВ; протонов – ~2. 0-10.0 кэВ, электронов – ~ 1.0-3.0 кэВ и протонов – ~4. 0-12.0 кэВ, электронов – ~ 3.0-4.0 кэВ для типов **I, II, III** соответственно (рис. 1). Эти состояния ассоциируются с различными режимами хвоста магнитосферы: при **типе I** PSBL заполняется плазмой из мантии и/или долей геомагнитного хвоста, при **типе II** происходит ускорение ионных пучков (бимлетов) в нескольких резонансных областях токового слоя, при **типе III** в PSBL/CPS развиваются взрывные процессы в геомагнитном хвосте.



**Второй результат:** Исследован случай наблюдения в PSBL/CPS со спутника ИНТЕРБОЛ-2 множественных дисперсионных ионных структур. Уникальность случая 03.11.1996 заключается в том, что CPS не содержит термализованной популяции ионов. В магнитосфере отсутствует вынос ионосферных ионов  $H^+$  и  $O^+$  с коническим пич-распределением, это подтверждает данные наземных обсерваторий, что период 01 – 03 ноября 1996 г. был исключительно магнитно-спокойным (рис. 2). Свидетельство множественных отражений первичного пучка из PSBL с образованием эхо-кластеров без эффективного рассеяния его в магнитосфере может указывать на режим длительной диффузии частиц из плазменного слоя перед наблюдаемым событием.

Р.А. Ковражкин, Г.А. Владимирова, А.Л. Глазунов, Ж.-А. Сово, Структура пограничного плазменного слоя по результатам дистанционного зондирования, Сборник тезисов конференция «Физика плазмы в Солнечной системе», ИКИ РАН, Москва, стр. 127-128 (2014).

Р.А. Ковражкин, Ж.-А. Сово, Д.Ш. Делькур, О формировании центрального плазменного слоя эхо-кластерами ионных пучков, Письма в ЖЭТФ, том 100, вып.3, стр. 168 – 174 (2014).

Руководитель: Ковражкин Ростислав Алексеевич, д.ф.-м.н., ИКИ РАН,

[rkovrazh@iki.rssi.ru](mailto:rkovrazh@iki.rssi.ru)

