

5. Результаты исследований и наблюдений, полученные российскими учеными и специалистами в ходе реализации летних научных программ в сотрудничестве и при содействии иностранных ученых и специалистов

1. С использованием сопряженных вдоль магнитного поля наземных оптических и спутниковых (миссия THEMIS) наблюдений обнаружено, что авроральные предвестники брейкапа восточно-западной (E-W) топологии связаны с низкочастотными волновыми возмущениями в магнитосферном плазменном слое, поляризация которых преимущественно тороидальная. Возмущения, таким образом, не являются результатом развития неустойчивости баллонного типа в хвосте магнитосферы, генерирующей полоидальные структуры. Показано, что наблюдения можно интерпретировать, привлекая возбуждение баллонных волн (или иных поперечно распространяющихся волновых мод), вызванное нестационарными процессами в ходе эволюции предбрейкаповой дуги.

Публикации:

Golovchanskaya I.V., I.A. Kornilov, and T.A. Kornilova, East–west type precursor activity prior to the auroral onset: ground-based and THEMIS observations, *J. Geophys. Res.*, 120, doi:10.1002/2014JA020081 (2015)

Контакты: Ирина Головчанская (golovchanskaya@pgia.ru)

2. Исследована возможность возбуждения различных ветвей электростатической турбулентности внутри нелинейных структур альфвеновского типа в верхней авроральной ионосфере на масштабах порядка 1 км. С привлечением наблюдений спутника FAST показано, что, в общем случае, такие структуры эффективны в возбуждении электростатических ионно-циклотронных волн, модифицированных сдвигами поперечной $E \times B$ скорости ионов в неоднородных электрических полях, а также наклонных ионно-звуковых волн, 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.

Публикации:

Golovchanskaya I.V., B.V. Kozelov, A.A. Chernyshov, M.M. Mogilevsky and A.A. Ilyasov, Branches of electrostatic turbulence inside solitary plasma structures in the auroral ionosphere, Phys. Plasmas 21, 082903 (2014)

Контакты: Ирина Головчанская (golovchanskaya@pgia.ru)

3. Создана модель ионных высыпаний, которая позволяет получить планетарное распределение средних энергий и потоков энергии ионов в зависимости от уровня магнитной активности, выраженной величинами AL и Dst индексов. Модель ионных высыпаний использована для расчета давления плазмы на высотах ионосферы. С использованием моделей электронных и ионных высыпаний рассчитано планетарное распределение интегральной проводимостей ионосферы в зависимости от уровня магнитной активности.

Публикации:

Vorobjev V. G., Yagodkina O. I., and Antonova E. E. Features of the planetary distribution of ion precipitation at different levels of magnetic activity // Geomagnetism and Aeronomy. Vol. 55. No. 5. P. 585–595. 2015.

Контакты: Вячеслав Воробьев (vorobjev@pgia.ru)

4. Проведено сопоставление давления плазмы в экваториальной плоскости магнитосферы с давлением ионов и распределением границ электронных высыпаний на высотах ионосферы (110 км) при низком уровне геомагнитной активности. Показано, что экваториальная граница аврорального овала в полуночном секторе локализована на геоцентрических расстояниях $\sim 6 R_e$, что хорошо соответствует положению границы инжекции энергичных частиц в экваториальной плоскости вблизи геостационарной орбиты. Полярная кромка овала локализована на геоцентрическом расстоянии $\sim 10 R_e$, что соответствует положению экваториальной границы области с высоким уровнем турбулентности в плазменном слое магнитосферы Земли.

Публикации:

1. Antonova E. E., Vorobjev V. G., Kirpichev I. P., Yagodkina O. I. Comparison of the plasma pressure distributions over the equatorial plane and at low altitudes under magnetically quiet conditions // *Geomagnetism and Aeronomy*. Vol. 54. No. 3. P. 278–281. 2014
2. Antonova E. E., Vorobjev V.G., Kirpichev I.P., Yagodkina O.I., Stepanova M.V. Problems with mapping the auroral oval and magnetospheric substorms // *Earth, Planets and Space*. 67:166. DOI 10.1186/S40623-015-0336-6. 2015.
3. Кирпичев И.П., О.И. Ягодкина, В.Г. Воробьев, Антонова Е.Е. Положение проекций экваториальной и полярной кромок ночного аврорального овала в экваториальной плоскости магнитосферы // *Геомагнетизм и аэронамия*. № 3. 2016, в печати.

Работа выполнена совместно с НИИЯФ МГУ (Антонова Е.Е.) и ИКИ (Кирпичев И.П.)

Контакты: Вячеслав Воробьев (vorobjev@pgia.ru)

5. По данным спутников NOAA POES исследована морфология высыпаний релятивистских ($E \sim 1$ МэВ) электронов. Выделено три типа высыпаний; для каждого типа высыпаний построены глобальные распределения вероятности наблюдения и определено их соотношение с плотностью холодной плазмы в экваториальной плоскости. Сделаны выводы о возможных механизмах рассеяния в конус потерь для каждого типа высыпания релятивистских электронов.

Публикации:

J. Geophys. Res. (submitted)

Контакты: Александр Яхнин (ayahnin@gmail.com)

6. По данным магнитосферных и низкоорбитальных спутников рассмотрены некоторые характеристики области источника вспышек протонных сияний на дневной стороне во время скачков давления солнечного ветра. В частности, показано, что область развития ионно-циклотронной неустойчивости, в результате которой происходит высыпание протонов, приводящее к вспышкам, обычно находится вне плазмосферы. Показано, что 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.

Публикации:

Yahnin A. G., T. A. Popova, and T. A. Yahnina. Some Characteristics of the Magnetospheric Source of Dayside Subaroural Proton Precipitations during Magnetospheric Compression. *Cosmic Research*, 2015, Vol. 53, No. 1, pp. 80–87.

Контакты: Александр Яхнин (ayahnin@gmail.com)

7. По данным одновременных наблюдений геомагнитных пульсаций обсерваториях Ловозеро ($L=5.2$) и Новая жизнь ($L=2.6$) во время геомагнитной бури обнаружены электромагнитные излучения на частотах в диапазоне 7-15 Гц, т.е., выше классического диапазона Pc1, с максимальными амплитудами на среднеширотной станции. Привлечение данных спутников NOAA POES и наблюдений протонных сияний показало, что с этими излучениями связаны протонные высыпания, которые типичны и для «классических» Pc1, но наблюдающиеся на относительно низких широтах (50-57 CGLat). Сделан вывод, что «высокочастотные» пульсации являются результатом ИЦ неустойчивости, развивающейся в районе плазмапаузы, которая во время геомагнитной бури располагалась на расстоянии $\sim 1.5 R_e$ от поверхности Земли. Оценки инкремента ИЦ неустойчивости для таких условий подтверждают этот вывод.

Публикации:

E. N. Ermakova, A. G. Yahnin, T. A. Yahnina, A. G. Demekhov, and D.S.Kotik (2016) Sporadic Geomagnetic Pulsations at Frequencies of up to 15 HZ in the Magnetic Storm of November 7–14, 2004: Features of the Amplitude and Polarization Spectra and their Connection with Ion–Cyclotron Waves in the Magnetosphere. Radiophysics and Quantum Electronics, Vol. 58, No. 8, 547-560.

Контакты: Александр Яхнин (ayahnin@gmail.com)

8. Анализ данных спутников THEMIS во время суббури выявлен случай магнитоплазменной структуры, для которой вариации магнитного поля и давления частиц происходят в фазе в течение 10-15 минут. Эта структура наблюдалась в утреннем секторе магнитосферы на 7.5 Re в области перехода от дипольного поля к вытянутому в хвост магнитному полю после внезапного поворота B_z ММП к северу. Вычисление диамагнитного эффекта протонов и электронов, инжектированных в околоземную магнитосферу (в данном случае на 7.5-11 Re), показывает, что для объяснения наблюдаемых вариаций магнитного поля в магнитосфере, кроме локального тока намагничивания, необходимы отдалённые от спутников («внешние») токи. Одной из причин наблюдаемого возрастания поля на спутниках может быть усиление кольцевого или частично кольцевого тока на $r < 7.5$ Re во время суббуревой интенсификации. Появление 'nose' и 'wedge-like' структур ионов с энергиями 0.2-28 кэВ на 5.8-7.5 Re в рассмотренном случае подтверждает это предположение. (п. 14 Программы ФНИ гос. академий наук на 2013-2020 гг., институт-исполнитель ПГИ).

Публикации:

Kozelova T.V., B. V. Kozelov, Particle injections observed at the morning sector as a response to IMF turning. *Advances in Space Research* (2015). Vol. 56, Issue 10, P. 2106-2116. doi: 10.1016/j.asr.2015.08.023.

Контакты: Тамара Козелова (kozelova@pgia.ru)

9. По данным спутника DEMETER проанализированы свойства ОНЧ сигналов, возбуждаемых при воздействии на ионосферу мощного наземного КВ передатчика HAARP ($L = 4.9$). В ОНЧ диапазоне сигналы, связанные с работой станда HAARP, регистрировались на частотах 8-10 кГц, близких к частоте нижнего гибридного резонанса $f_{\text{НГР}}$ в области нагрева, а также в диапазоне частот 15-18 кГц, близких к частоте $2 f_{\text{НГР}}$. При работе нагревного станда в режиме импульсной модуляции с периодом 1.4 с в ОНЧ диапазоне регистрировалась модуляция сигналов с этим же периодом, в то время как в возмущенных КНЧ электростатических шумах модуляция не наблюдалась, рис. 1. Возмущения в ОНЧ сигналах над передатчиком HAARP генерируются, по видимому, в области нагрева в результате распада верхнегибридной (ВГ) волны на другую ВГ волну и нижнегибридную (НГ), с последующим распространением НГ волны в квазиэлектростатической (резонансной) моде. Спектральные свойства ОНЧ сигналов, в частности, увеличение нижней частоты возмущенных ОНЧ сигналов по мере удаления от передатчика HAARP, объясняются особенностями распространения ОНЧ волн с волновыми векторами вблизи резонансного конуса от области нагрева до спутника DEMETER. (совместно с НИРФИ, Нижний Новгород и ИКИ РАН)

Публикации:

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 HAARP, регистрируемые на спутнике DEMETER, Известия ВУЗов, Радиофизика. Том LVIII, № 3, стр. 167 -186, 2015.

Контакты: Елена Титова (lena.titova@gmail.com)

10. Предложен способ краткосрочного предсказания зарождения полярных циклонов, основанный на использовании результатов моделирования и спутниковых данных слежения за очертаниями арктического фронта. Этот способ основан на использовании установленного путем численного моделирования физического механизма зарождения полярных циклонов. Согласно этому физическому механизму главной причиной зарождения полярных циклонов является возникновение выпуклости в конфигурации арктического фронта. Вследствие этого развивается неустойчивость существующего в области арктического фронта сдвигового течения воздушных масс. Эта неустойчивость приводит к существенному изменению ветрового поля. В результате арктический фронт может разрушиться, и полярный циклон может сформироваться в окрестности начального положения арктического фронта с течением времени. Возникновение выпуклости в конфигурации арктического фронта может быть замечено в ходе спутникового мониторинга земной атмосферы.

Публикации:

Mingalev I.V., Orlov K.G., Mingalev V.S. A modeling study of the initial formation of polar lows in the vicinity of the arctic front // *Advances in Meteorology*, Volume 2014, Article ID 970547, 10 pages, <http://dx.doi.org/10.1155/2014/970547>.

Контакты: Виктор Мингалев (mingalev@pgia.ru)

11 Показано с использованием данных магнитометров сети IMAGE и GPS приемников, что магнитосферные МГД колебания Pc5 диапазона сопровождаются одновременными пульсациями в полном электронном содержании (ПЭС) ионосферы с той же частотой. Глубина модуляции Pc5 пульсаций в ПЭС сравнима с глубиной модуляции в геомагнитном поле (2-3%), но в отдельные моменты превышает глубину модуляции в геомагнитном поле в 2-3 раза и достигает 10%. Таким образом, ПЭС достаточно чувствительно к наличию МГД возмущений в высоких широтах. С использованием данных радара EISCAT в Тромсё обнаружено, что основной вклад в Pc5 пульсации, наблюдаемые в ПЭС ионосферы, вносит нижняя часть ионосферы до высоты около 200 км (E-слой, нижняя часть F-слоя ионосферы).

Публикации:

Pilipenko V., Belakhovsky V., Murr D., Fedorov E., Engebretson M. Modulation of total electron content by ULF Pc5 waves // Journal of Geophys. Res. Vol. 119. Is. 6. PP. 4358-4369. 2014.

Belakhovsky V., Pilipenko V., Murr D., Fedorov E., Kozlovsky A. Modulation of the ionosphere by Pc5 waves observed simultaneously by GPS/TEC and EISCAT // Earth, Planets and Space. 2016. (in press).

Контакты: Владимир Белаховский (belakhov@mail.ru)