

Направление 6 - Магнитосфера

ИЗМИРАН — 1

ИКИ — 6

ИПФ — 3

ИФЗ — 3

ПГИ — 8

ИТОГО: 21

Направление 6 - Магнитосфера

Хвостовая и пограничная области магнитосферы: Зеленый турбулентность и ускорение в токовом слое, Григоренко ускорение в хвосте, Губченко кинетическая модель нейтральной области, Вайсберг структура хвоста аккреционной магнитосферы, Веригин модель околопланетных плазменных границ, Кузнецова СВ и магнитосфера

Авроральные явления и суббури: Воробьев полярные сияния статистика, Дэспирак суббури статистика, Козелов полярные сияния структуры, Головчанская авроральные КНЧ шумы, Корнилов суббури сияния ускорение, Онищенко вихревые структуры

Волновые явления, взаимодействие волн и частиц: Пилипенко УНЧ колебания, Похотелов ОНЧ волны и геомагнитные пульсации, Могилевский АКР, Яхнин ИЦВ, Титова ОНЧ волны наблюдения, Черноус ОНЧ волны полярные сияния, Беспалов пространственно-временные режимы ЦН, Демехов дискретные ОНЧ излучения, Шкляр резонансное ускорение заряженных частиц

Экспериментальные и теоретические исследования ускорения заряженных частиц в хвосте магнитосферы Земли.

Цель: выяснение механизмов ускорения ионов разных масс (H⁺, He⁺, O⁺) и электронов на разных фазах динамики хвоста. Построение теоретических моделей и сравнение с наблюдениями.

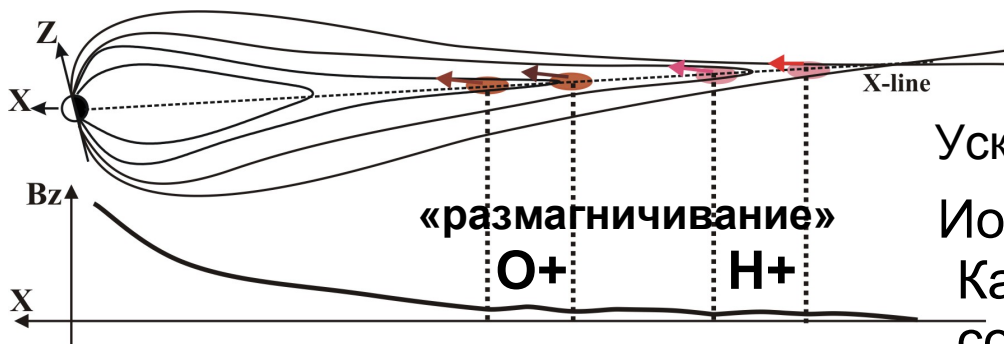
Экспериментальная база: данные **CLUSTER** (приборы RAPID, CODIF, PEACE), данные **Geotail** (приборы LEP, EPIC). Дополнительно будут использованы данные **Double Star**, **THEMIS**, **Интербол-1**.

Основные механизмы ускорения/нагрева заряженных частиц в хвосте:

- Спайсеровское ускорение потенциальным электрическим полем: $\Delta W(X) = 2m \left(\frac{E_Y}{B_Z(X)} \right)^2$
- Ускорение индукционными электрическими полями ($\sim dB/dt$)
- Адиабатический нагрев по мере движения к Земле $\sim \left[\frac{B_Z(X)}{B_Z(X_0)} \right]^q$

Два «предельных» состояния хвоста:

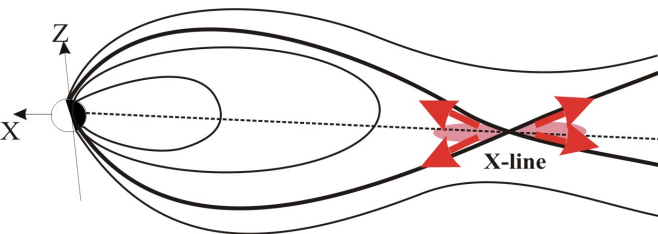
Спокойный хвост: дальнейшее пересоединение, $dB/dt \sim 0$



Ускорение **потенциальным** электрическим полем **E**.

Ионы разных масс ускоряются на **разных X**
Как соотносятся энергии **W** различных ионных составляющих?

Возмущенный хвост: **ближняя X-линия**, $dB/dt \neq 0$



Ускорение **потенциальным** и **индукционным** **E**.

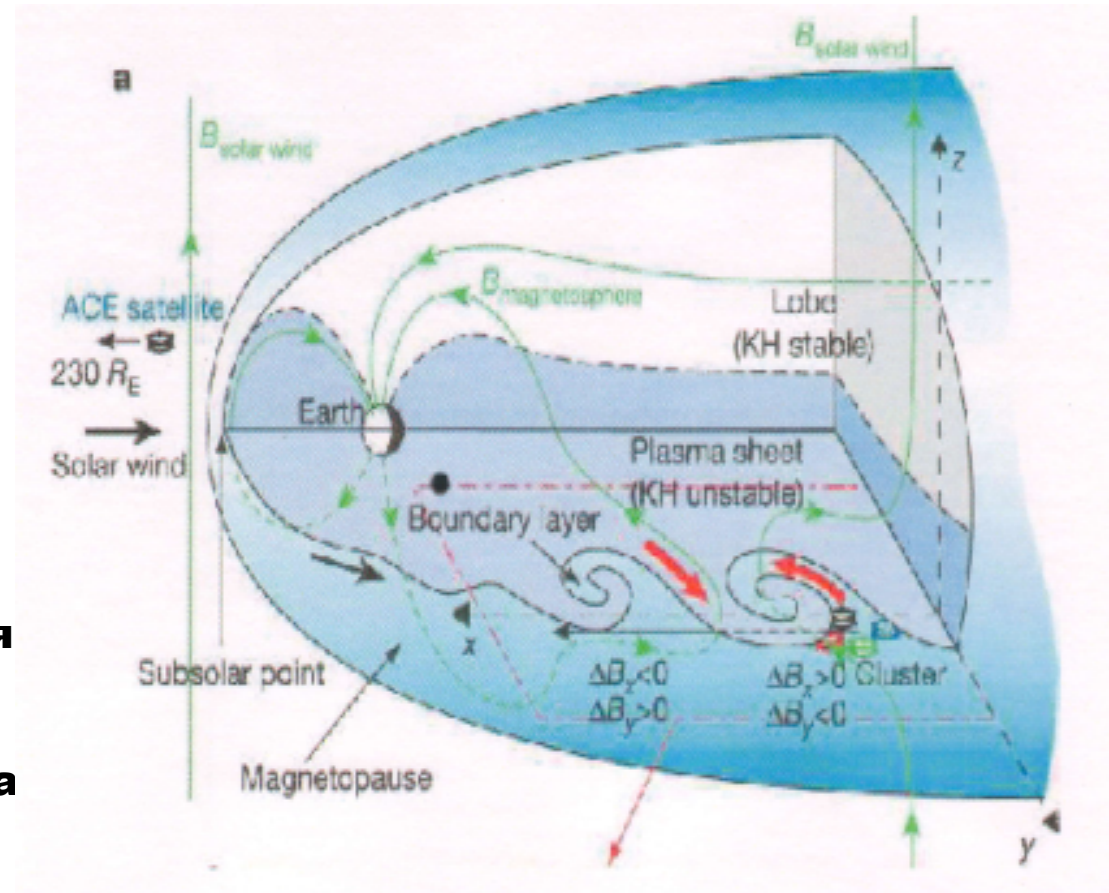
Ионы разных масс ускоряются **в одном** источнике?

Каковы предельные энергии различных ионных компонент?

Генерация крупномасштабных вихревых структур и зональных течений в турбулентной магнитосфере

Институт физики Земли РАН
рук. д.ф.м.н. Онищенко О. Г.

- Цель.
- Изучение механизма генерации вихрей и зональных структур в мелкомасштабной турбулентной магнитосфере Земли с учетом кривизны силовых линий геомагнитного поля, неоднородности плазмы и эффектов конечного ларморовского радиуса ионов.
- Ожидаемые в конце 2012 года научные результаты:
- Развитие нелинейной теории неустойчивости Рэлея–Тэйлора для возмущений с произвольным пространственным масштабом.
- Изучение нелинейного механизма генерации зональных структур в мелкомасштабной турбулентной плазме магнитосферы и возбуждения крупномасштабных вихрей в результате развития неустойчивости Кельвина-Гельмгольца.



Формирование вихрей в магнитосфере в результате развития неустойчивости Кельвина-Гельмгольца

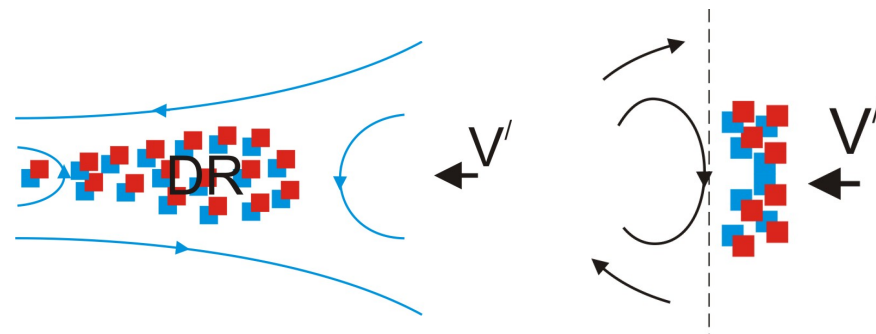
Общее 3D аналитическое описание в рамках кинетической теории формирования структуры, стационарного состояния и внутренней динамики, крупномасштабных магнитосфероподобных плазменных объектов, сопровождаемое топологическими изменениями.

Рук. Губченко В.М.

ИПФ РАН, Нижний Новгород



Задача. Выяснение возможности появления нейтральных точек магнитного поля в общей магнитосфероподобной структуре поля и выяснение их природы и роли в структурной перестройке. Аналитическое описание тонкой структуры электромагнитного поля в окрестности этих точек. Изучение изменения топологии в этих точках, в зависимости от изменения формы функции распределения частиц потока плазмы.



Ожидаемые в конце 2012 года научные результаты:

Будут исследованы трехмерные структуры электромагнитного поля и плазмы в окрестности нулевых точек в кинетическом приближении. В частности, решены взаимосвязанные проблемы:

- будут получены выражения для характеристической функции
- будут получены уравнения для определения координат нейтральных точек;
- будут получены представления уравнения на основе цилиндрических и сферических гармоник и соответствующие им решения.
- будут получены представления поля и его топология в окрестности нейтральных точек.

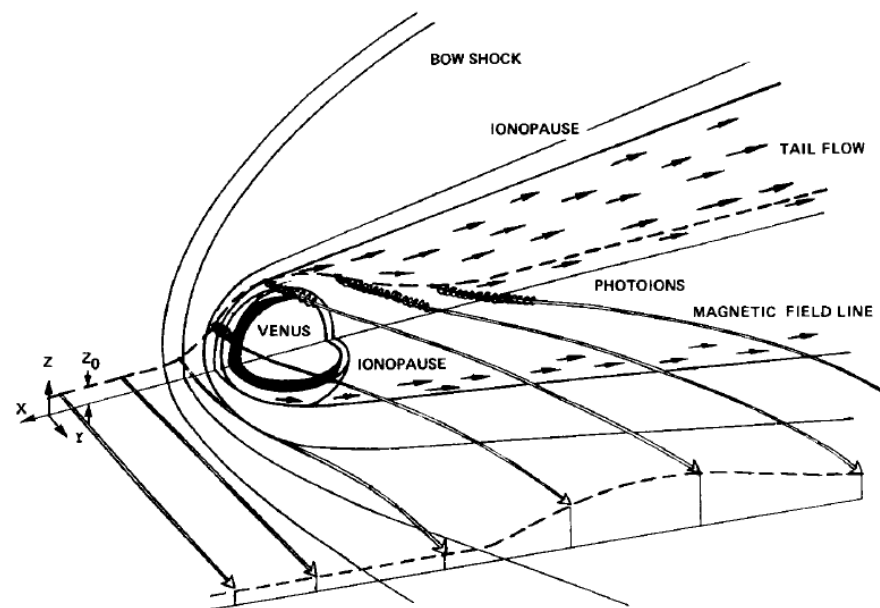
Образование аккреционной магнитосферы при взаимодействии солнечного ветра с планетами и кометами (Венера, Марс, кометы) и атмосферные потери, индуцированные при этом взаимодействии

Научные задачи:

- Изучить структуру хвоста аккреционной магнитосферы, ее зависимость от межпланетного магнитного поля;
- Изучить характеристики границы хвоста магнитосферы;
- Изучить влияние массовой нагрузки потока солнечного ветра на характеристики хвоста;
- Изучить величину и вариации атмосферных потерь, индуцированные взаимодействием газового препятствия с солнечным ветром.

Предлагаемые методы и подходы:

- Выбор материала для исследования хвоста Венеры по результатам измерений на спутниках Венеры Венера-9 и -10, Pioneer-Venus и Venus-Express;
- Исследование структуры аккреционного хвоста на различных расстояниях от планеты Венера;
- Изучение связи характеристик хвоста Венеры с магнитным полем в солнечном ветре и в зоне обтекания.;
- Исследование мелкомасштабной структуры хвоста, влияния на нее изменчивости межпланетного магнитного поля и массовой нагрузки;
- Исследование характеристик границы хвоста, является ли она вращательным или тангенциальным разрывом;
- Исследование потерь атмосферных ионов через хвост.



O. L. Vaisberg and L. M. Zeleny, "Formation of the plasma mantle in the Venusian magnetosphere," *Icarus*, vol. 58, no. 3, pp. 412-430, Jun. 1984.

Мониторинг состояния магнитосферы и ионосферы в периоды магнитных бурь и магнитосферных суббурь

Рук. Воробьев В.Г.

Полярный геофизический институт, Апатиты

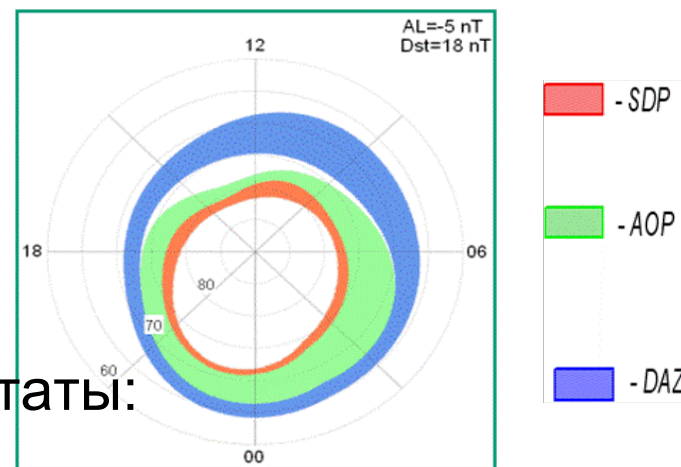
Число основных исполнителей проекта: 6

Ожидаемые в конце 2012 года научные результаты:

- создать модель глобального распределения ионных высыпаний в зависимости от уровня магнитной активности, выраженной величиной AL и Dst индексов;

- с использованием моделей электронных и ионных высыпаний рассчитать планетарное распределение интегральной холловской и педерсеновской проводимости ионосферы в зависимости от уровня магнитной активности;

- построить картину планетарного распределения интегральной яркости аврорального свечения в различных полосах и эмиссиях ультрафиолетового и видимого диапазонов спектра

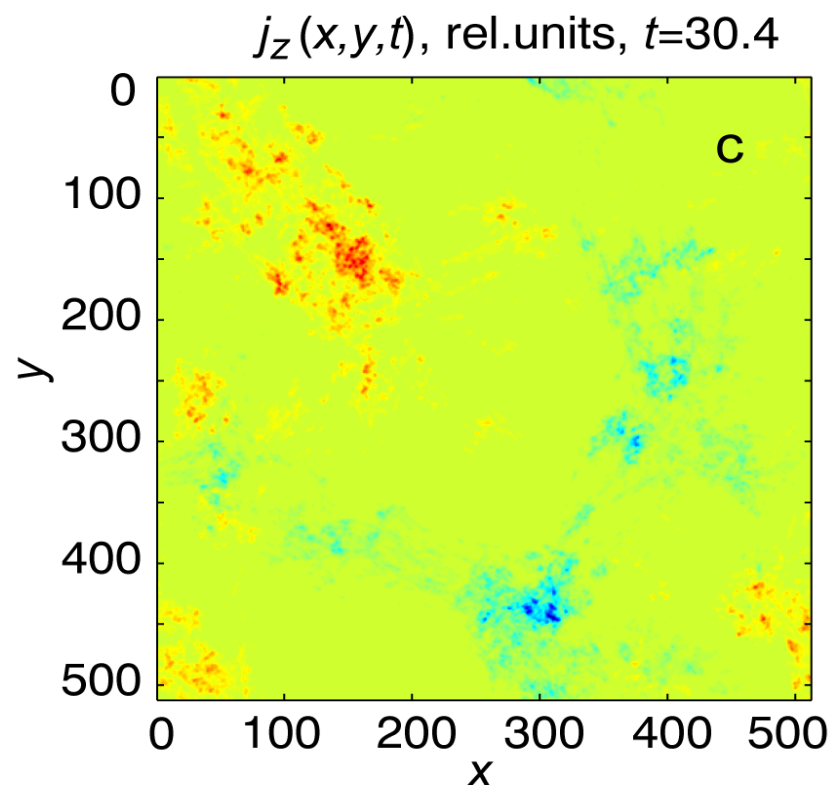
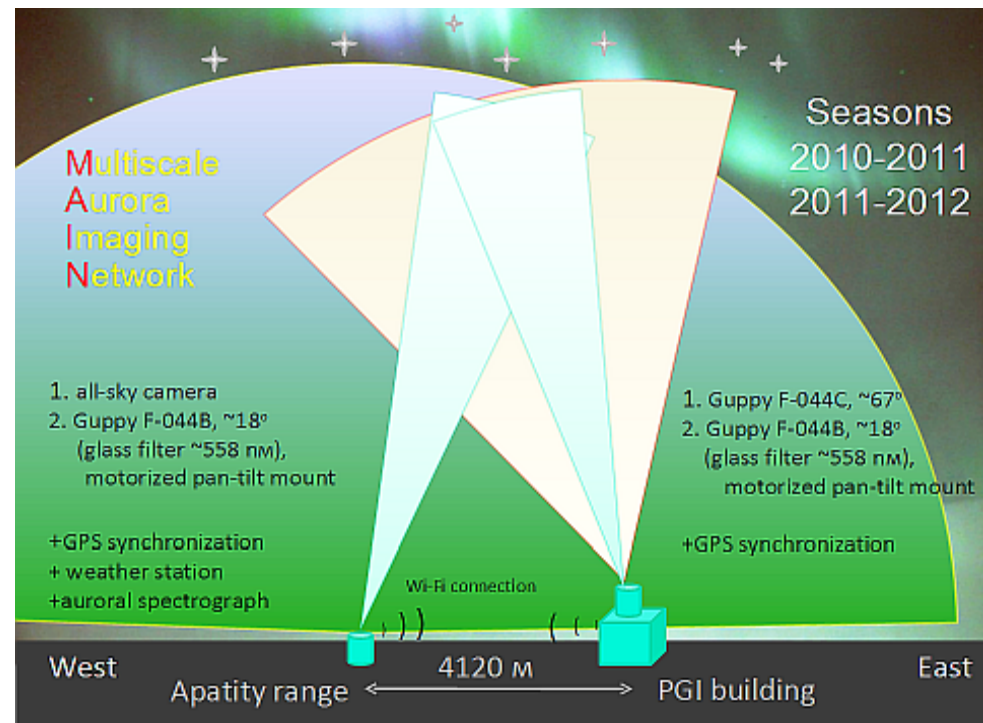
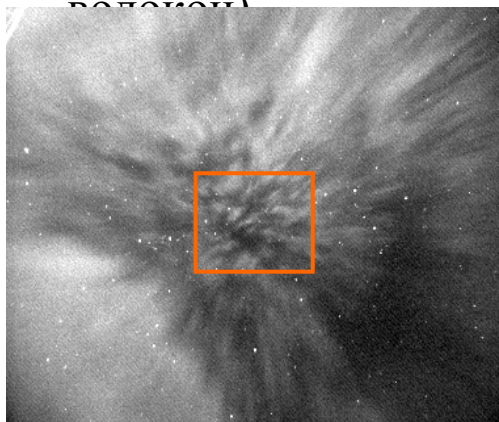


Авроральное структурирование и турбулентные явления в магнитосферно-ионосферной плазме

Козелов Б.В. (всего участвует 6 человек)

Полярный геофизический институт, Апатиты

- 1) Наземные оптические наблюдения структуры полярных сияний на разных пространственных масштабах.
- 2) Статистический анализ характеристик флуктуаций аврорального свечения по наземным данным и флуктуаций электрического и магнитного полей по данным низковысотных спутников.
- 3) Численное моделирование динамики системы когерентных альвеновских структур (токовых волн)



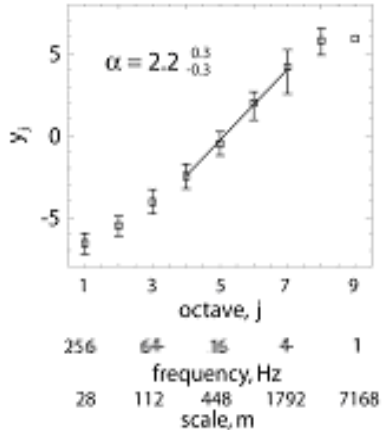
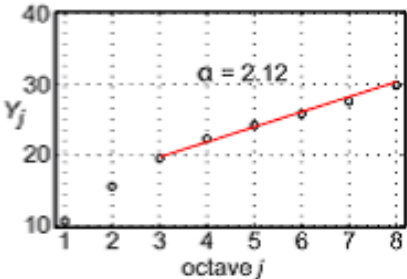
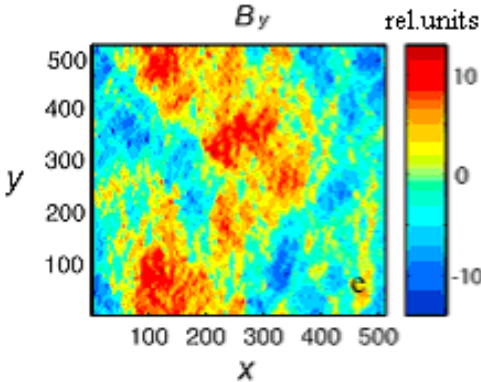
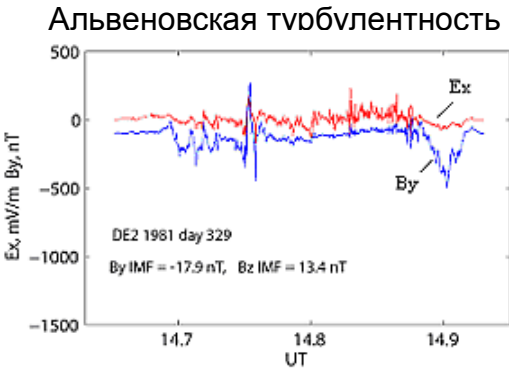
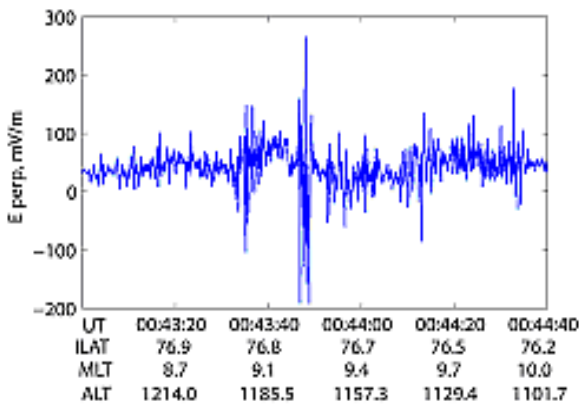
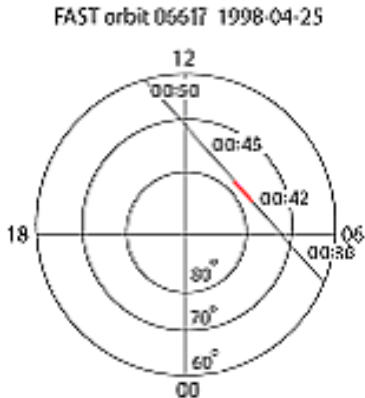
Генерация широкополосного электростатического шума, сопровождающего альвеновскую турбулентность

рук. И.В. Головчанская, (4 основных исполнителя)

Полярный геофизический институт, Апатиты

- 1. Численное моделирование электрических полей альвеновской турбулентности.
- 2. Сравнение характеристик модельных электрических полей альвеновской турбулентности с необходимыми для развития IEDD (Inhomogeneous Energy-Density-Driven) неустойчивости характеристиками неоднородных электрических полей.

Альвеновская турбулентность часто сопровождается широкополосным электростатическим шумом (до 1 кГц) :



В отсутствие локализованного E, плотность энергии волн положительна:
$$U \propto \omega \left\{ \sum_{n>0} \frac{4\Gamma_n^2 n^2 \Omega^2 \omega}{(\omega^2 - n^2 \omega^2)^2} \right\} = \omega^2 \sigma(\omega) > 0$$

При наличие E, U меняется на
$$U' = \omega \omega_1 \sigma(\omega_1), \quad \omega_1 = \omega - k_y v_E, \quad v_E = \frac{E}{B}$$

Для частот $0 < \omega < k_y v_E$, имеем: $\omega_1 < 0$, $U' < 0$, что приводит к развитию неустойчивости.

Влияние различных потоков и структур солнечного ветра на динамику аврорального овала и развитие суббуревых возмущений

Руководитель – Дэспирак И.В.

Число основных исполнителей проекта: 3

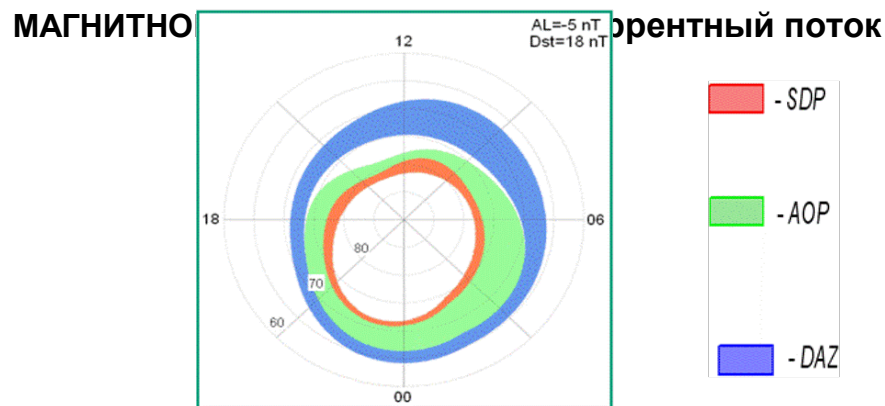
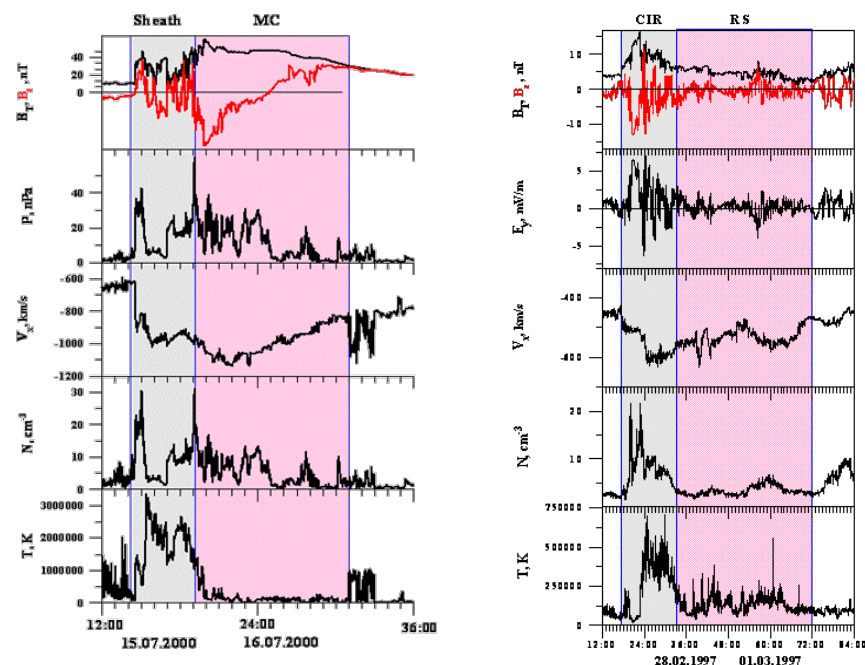
Полярный геофизический институт КНЦ РАН

Целью проекта является изучение по наземным данным и спутниковым наблюдениям взаимосвязи между разными потоками и структурами солнечного ветра и:

- 1) динамикой аврорального овала
- 2) развитием суббуревых возмущений

Будет исследовано влияние разных по природе потоков солнечного ветра – магнитных облаков и высокоскоростных рекуррентных потоков - на пространственную динамику распределения трех областей высыпаний:

- а) область **DAZ**, совпадающая с зоной диффузного аврорального свечения
- б) область **AOP**, совпадающая со статистическим овалом дискретных форм сияний
- в) полоса мягких диффузных высыпаний **SDP**, окаймляющая область **AOP** с приполюсной стороны.



- С использованием одновременных измерений в солнечном ветре (спутник **WIND**), в ионосфере (спутник **POLAR**) и в хвосте магнитосферы (спутник **GEOTAIL**) будет исследована взаимосвязь между экспансией суббури во время прохождения различных потоков солнечного ветра и положением области пересоединения в хвосте магнитосферы.

Исследование последовательности процессов во время магнитосферной суббури по данным наблюдений полярных сияний и спутников THEMIS

Научный руководитель проекта **И.А.Корнилов**

Число основных исполнителей: 5

Полярный геофизический институт, Апатиты

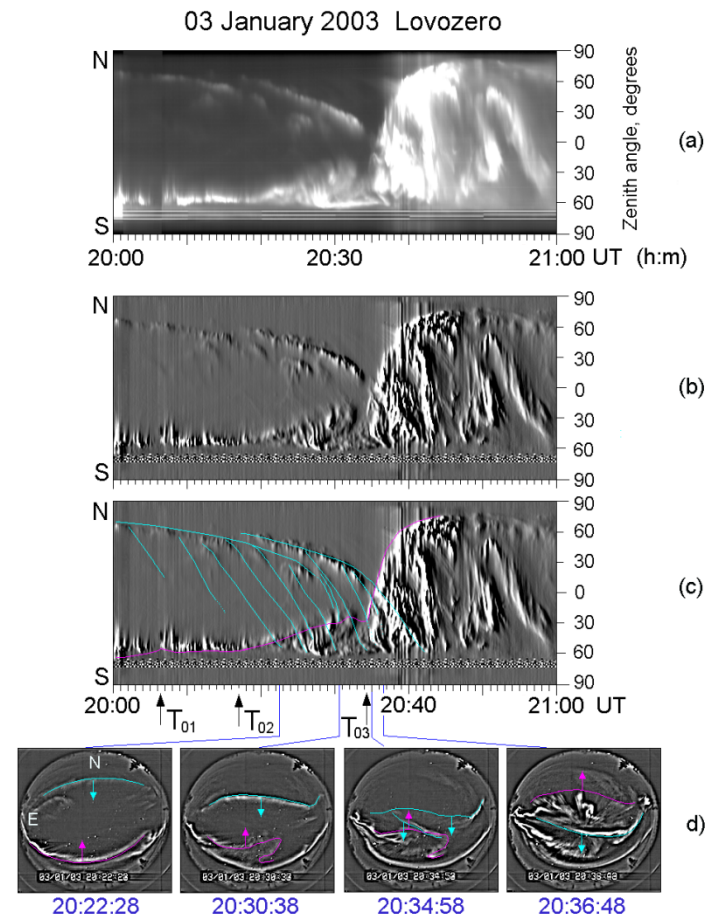
Задача - выяснение механизма взрывной фазы суббури и его локализации.

Для ее решения необходимы:

1. Установление новых элементов в пространственно-временной последовательности развития процессов в магнитосфере и ионосфере в ходе суббури по данным многоточечных спутниковых измерений и телевизионным наблюдениям полярных сияний.
2. Анализ энергетических спектров электронов и ионов в различных областях магнитосферы и их связи с сияниями для выявления механизма ускорения частиц.

Ожидаемые в конце 2012 года научные результаты:

1. На основе анализа данных геостационарных спутников и наблюдений полярных сияний будет определена глубина проникновения суббуревых инжекций из хвоста магнитосферы к Земле
2. Будут рассмотрены возможные механизмы ускорения электронов на основе анализа событий встречных движений структур сияний во время взрывной фазы суббури по данным спутников THEMIS.
3. Для определения возможных механизмов ускорения частиц при прохождении фронта волны диполизации будет проведен детальный анализ энергетических спектров электронов и протонов по данным спутников THEMIS .
4. Будет выполнен анализ развития дифференциальных токов в магнитосфере (на ночной стороне, L=4-13) с наземными проявлениями активности в данном долготном секторе по данным спутников THEMIS.



Проект программы П-22

«Изучение условий генерации и распространения АКР»

Руководитель проекта – М.М. Могилевский

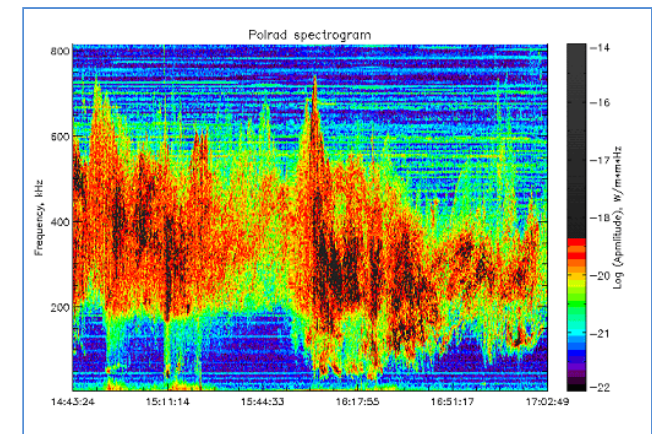
Проект направлен на исследование Аврорального Километрового Радиоизлучения (АКР) и в основе лежат результаты измерений на спутнике ИНТЕРБОЛ-2. Основное внимание будет уделено трем задачам:

- 1) Какова структура источника, его характерные размеры и свойства поля в источнике, включая зависимость от внешних условий (геомагнитная активность, нестационарные потоки частиц, связь с крупномасштабными и мелкомасштабными колебаниями внешнего поля).
- 2) Структура поля в ближней зоне источника, формирование диаграммы направленности и влияние крупномасштабных неоднородностей плазмы на лучевое распространение АКР.
- 3) АКР как индикатор процессов во внутренней магнитосфере.

Для решения первой задачи будут привлекаться результаты измерений параметров плазмы и ЭМ полей на спутнике ИНТЕРБОЛ-2.

Вторая задача решается с привлечением одновременных измерений АКР на других спутниках и измерений геомагнитных пульсаций на сети наземных станций

Решение третьей задачи тесно связано с вопросом формирования дактов над искусственно нагретой ионосферой и подготовкой программы измерений в проекте РЕЗОНАНС.



Спектрограмма АКР, по данным
ИСЗ ИНТЕРБОЛ-2

Импульсное электромагнитное взаимодействие между атмосферой и магнитосферой

рук. - д.ф.м.н. Пилипенко В.А. участники - 5 чел., финансирование: 100 т.р.

Изучение импульсных э/м явлений ULF диапазона, при которых происходит обмен энергией между геофизическими оболочками (атмосферой, ионосферой и магнитосферой):

- ❑ P_i1-2 импульсы, генерируемые при взрывном начале суббури: определение механизма распространения P_i1-2 сигналов от эпицентра суббури до низкоширотной ионосферы;
- ❑ всплески и шумы, возбуждаемые грозowymi разрядами или тайфунами, и вызванные ими микро-всплески энергичных электронов в верхней ионосфере.

Данные: скоординированных наблюдений на низковысотных микро-спутниках CHAMP, SWARM (Пилипенко В.А. - PI проекта 10292 SWARM), Чибис-М и наземных станциях.

Теоретическая часть: развитие модели распространения ULF сигналов в волноводе Земля-ионосфера и их проникновения в магнитосферу, наземных методов дискриминации э/м ULF-ELF от обычных разрядов и от высотных пробоев.

Исследование условий развития ионно-циклотронной неустойчивости в околоземной плазме

(по данным наблюдений высыпаний энергичных протонов и протонных сияний)

6 участников, руководитель – А.Г. Яхнин, ПГИ КНЦ РАН

Ожидаемые в конце 2012 года результаты:

Для различных геофизических условий будет определена область развития ионно-циклотронной неустойчивости относительно плазмопаузы.

Будет разработана теоретическая модель генерации ИЦ волн при взаимодействии дрейфующего облака энергичных протонов, инжектированного во время суббури, с холодной плазмосферной плазмой.

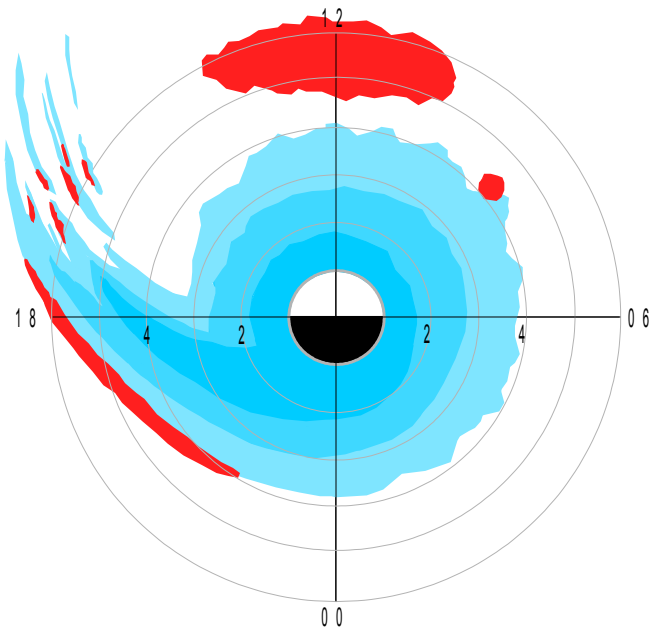


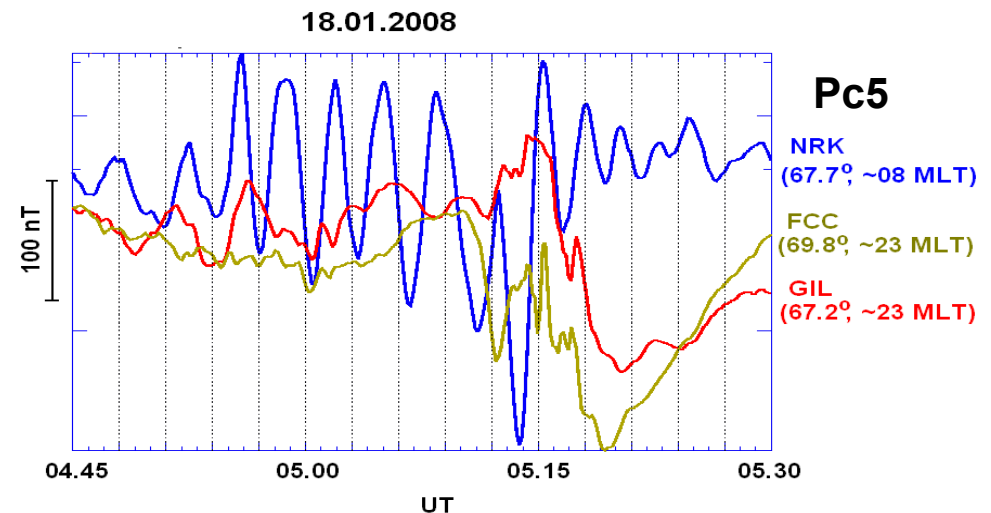
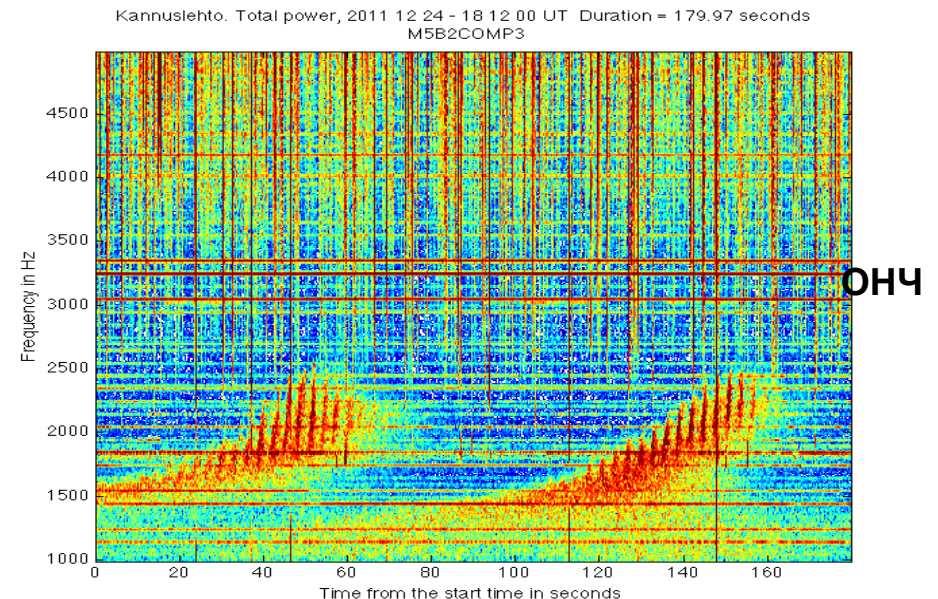
Схема областей генерации ИЦ неустойчивости в экваториальной плоскости (показаны красным цветом), полученная из анализа субавроральных высыпаний энергичных протонов и протонных сияний.

Динамика электромагнитных волновых процессов в магнитосфере Земли

Институт физики Земли РАН

Рук. проф. Похотелов О. А.

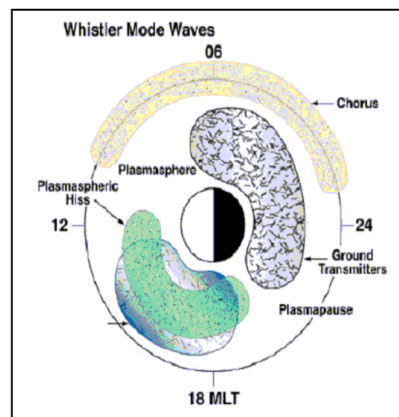
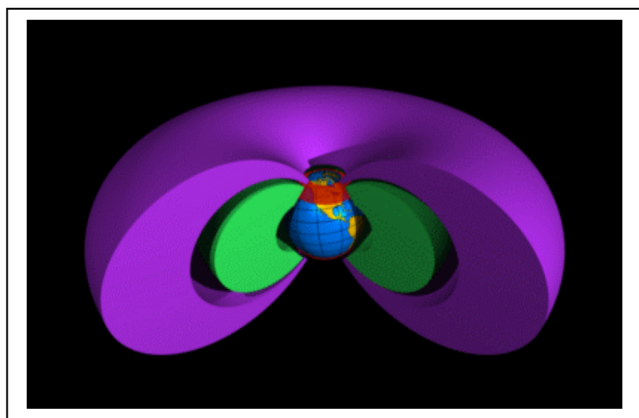
- **Цель** - исследование динамики плазменных волн и структур в различных частях магнитосферы Земли
- **Задачи 2012**
- **1.** Исследовать спектральные характеристики неизвестных ранее типов квазипериодических ОНЧ излучений в магнитоспокойное время для развития теоретических разработок генерации этого типа ОНЧ волн
- **2.** Установить связь динамики возбуждения утренних геомагнитных пульсаций диапазона Pc5 (1-6 мГц) с развитием ночной суббури и потоками частиц в хвосте магнитосферы по данным спутников THEMIS.



Раздел 6 "Магнитосфера", проект 6.13: **"Теоретический анализ процессов взаимодействия волн и частиц в реалистичных моделях планетарных магнитосфер и космической плазмы"** (ИФ РАН, руководитель П.А. Беспалов)

В рамках проекта предполагается рассмотреть фундаментальную задачу: **Пространственно-временные режимы работы плазменного магнитосферного мазера.**

В отдельной трубке магнитного поля реализуется нелинейный осцилляторный процесс, определяющий как стационарное, так и динамическое взаимодействие волн и частиц. Предполагается начать систематическое изучение общих вопросов взаимодействия и синхронизации осцилляторов. **Запрос на такие исследования связан с согласованными экспериментами на нескольких спутниках и с интерпретацией данных, полученных цепочкой наземных обсерваторий. Особая роль принадлежит анализу нетипичных событий, определяющих границы возможного.**



В 2012 г. по отдельным вопросам проекта будет опубликовано несколько статей. В частности, предполагается проанализировать влияние акустико-гравитационных атмосферных возмущений с периодами от десятков секунд на синхронизацию коллективных процессов в электронных и протонных радиационных поясах.

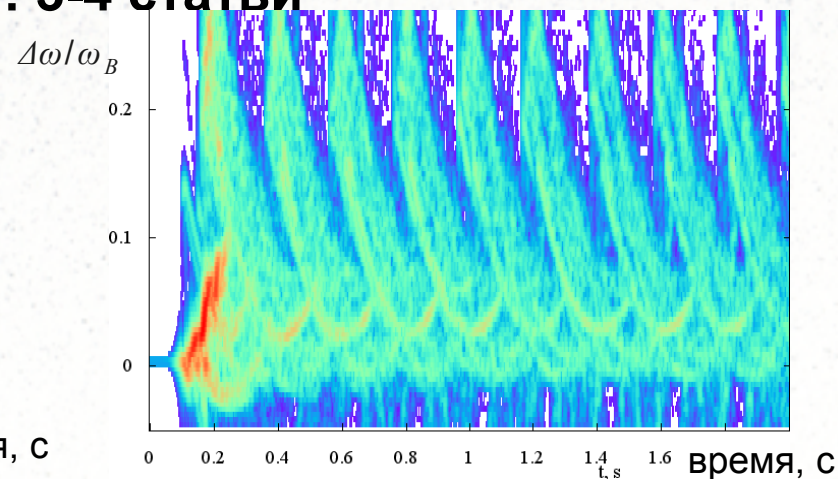
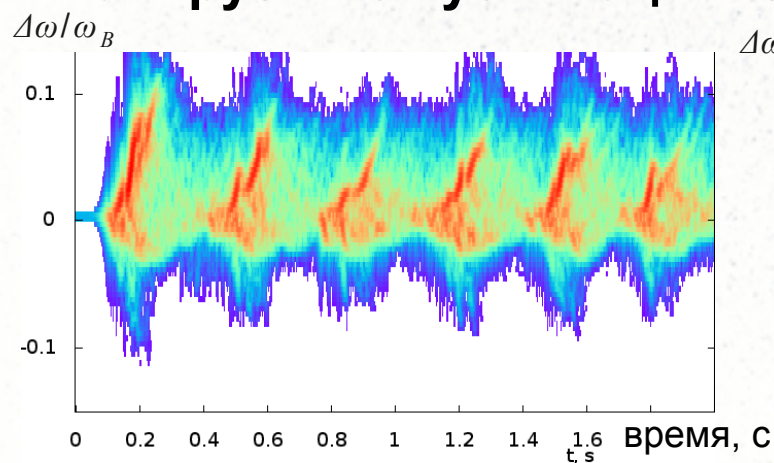
Взаимосвязь шумовых и дискретных излучений и их роль в динамике энергичных частиц в магнитосферах

рук. А.Г.Демехов, ИПФ РАН

задачи 2012 года

- исследование насыщения амплитуды свистовых волн при генерации ОНЧ излучений в неоднородном магнитном поле;
- сопоставление механизмов формирования понижающихся тонов в хоровых ОНЧ излучений магнитосферах с наблюдательными данными;
- анализ циклотронного усиления волн с учетом их распространения в неоднородной магнитосферной плазме;
- исследование экспериментальных данных о корреляции высыпаний энергичных электронов и квазипериодических ОНЧ излучений

Планируемые публикации: 3-4 статьи

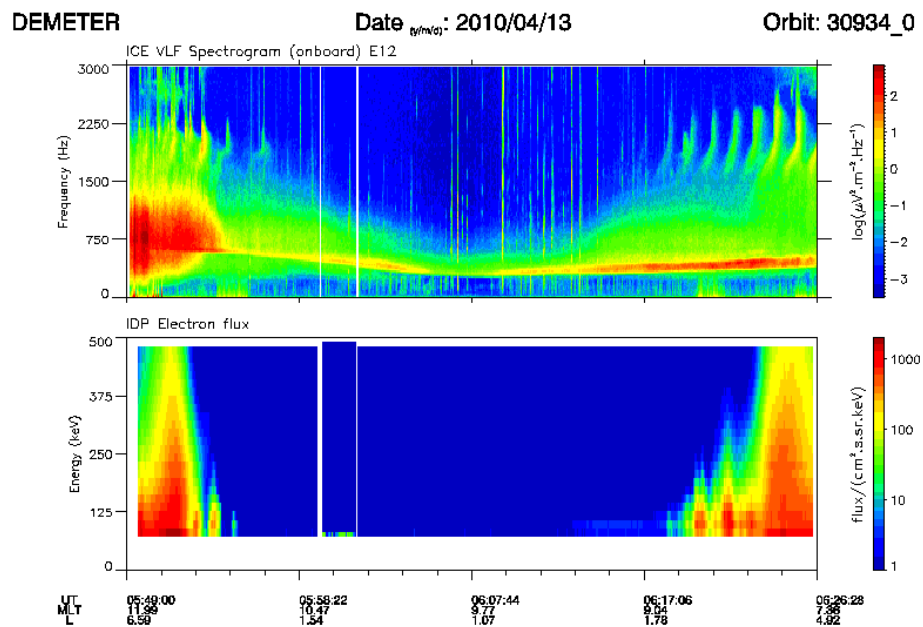


Генерация ОНЧ излучений во внутренней магнитосфере: сравнение с моделью циклотронного мазера (ЦМ)

Руководитель: **Титова Е Е**, число участников : **5**
Полярный геофизический институт, Апатиты

По результатам комплексных наземных и спутниковых (CLUSTER, DEMETER) экспериментов будет исследованы:

- режим лампы обратной волны генерации ОНЧ хорв,
- модель проточного циклотронного мазера,
- квазипериодические режимы циклотронного мазера



Для анализа эффективности и динамики циклотронного взаимодействия будут проанализированы характеристики ОНЧ эмиссий и потоки высыпавшихся частиц на спутниках (**DEMETER, NOAA**) и на сети телевизионных камер, обеспечивающих высокое пространственное (сотни метров на уровне ионосферы) и временное (1 сек) разрешение.

Пример регистрации квазипериодических ОНЧ излучений и потоков высыпавшихся энергичных электронов на спутнике DEMETER

Эффекты резонансного взаимодействия волн и частиц в динамике релятивистских электронов радиационных поясов Земли.

Участники проекта: Д.Р. Шкляр (руководитель), Е.Е. Титова, И.В. Кузичев

Проект посвящен изучению самосогласованной динамики волн и частиц в магнитосфере, в частности, исследованию процессов, приводящих к формированию радиационных поясов Земли. Эта задача включает поиск наиболее эффективных механизмов ускорения электронов радиационных поясов до релятивистских энергий. Предполагается изучение механизмов ускорения, связанных с резонансным взаимодействием волн и частиц, в случае, когда спектральные характеристики волн не допускают использование квазилинейной теории.

Экспериментальные исследования связи между пространственной и временной динамикой пульсирующих полярных сияний и динамикой области выхода ОНЧ излучений из ионосферы

Научный руководитель проекта **С.А.Черноус**

Полярный геофизический институт, Апатиты

Основные задачи проекта:

- разработка и испытания трехкомпонентной аппаратуры для измерений углов прихода ОНЧ излучений
- организация и проведение синхронных измерений ОНЧ излучений и полярных сияний в обсерваториях ПГИ
- анализ связи между пространственными и временными параметрами ОНЧ излучений и структурой и динамикой полярных сияний

Важным прикладным направлением исследований проекта является подготовка средств наблюдений для наземной поддержки экспериментов различного назначения в околоземном космическом пространстве, например, в проекте «Резонанс».