

Научно- исследовательский радиофизический институт



Результаты научной
деятельности ФГНУ НИРФИ
за 2009-2010 годы

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное научное учреждение
«Научно-исследовательский радиофизический институт»
(ФГНУ НИРФИ)

Препринт № 537

Результаты научной деятельности ФГНУ НИРФИ
за 2009–2010 годы

Нижний Новгород

2011

РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ФГНУ НИРФИ
ЗА 2009–2010 ГОДЫ

// Препринт №537. – Нижний Новгород: ФГНУ НИРФИ, 2011. –
с.120

УДК 501

В препринте приведены итоги работы ФГНУ НИРФИ за 2009–
2010 годы.



В препринте изложены основные результаты деятельности Федерального государственного научного учреждения “Научно-исследовательский радиофизический институт” в 2009–2010 годах.

Итоги научной деятельности

В 2009 г. в ФГНУ НИРФИ выполнялись 63 научно-исследовательских, опытно-конструкторских и хозяйственных работ, из них 1 – по тематическому плану, 1 – по государственному контракту с Федеральным агентством по науке и инновациям от 08.06.2009г. №02.518.11.7164 в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 годы» по лоту «Проведение исследований в области рационального природопользования с использованием уникальных установок (мероприятие 1.8 Программы)», 5 НИР – по контрактам в рамках ФЦП «Создание и развитие системы мониторинга геофизической обстановки над территорией Российской Федерации на 2008–2015 годы», 2 НИР – в рамках Научно-технической программы Союзного государства «Нанотехнология-СГ», 1 НИР – в рамках Федеральной космической программы России на 2006–2015 годы, 1 НИР – в рамках ФЦП «Глобальная навигационная система», 26 НИР – по грантам РФФИ, 26 хозяйственных работ.

В 2009 г. разработан и утвержден новый Устав института, разработана Программа стратегического развития института на период 2009–2012 и до 2020 г., получена Лицензия № 1112К от 12.05.2009 г. на право осуществления в ФГНУ НИРФИ космической деятельности (сроком на 5 лет), создан комплект документов для получения Сертификата системы менеджмента качества (СМК) ФГНУ НИРФИ.

Сотрудниками и аспирантами института защищены 2 кандидатские диссертации (О. М. Бархатова «Исследование ионосферно-магнитосферных токовых систем и их воздействия на ионосферные процессы в периоды геомагнитных возмущений» и Е. Н. Ермакова «Ионосферные резонансные структуры и их влияние на формирование спектров ультранизкочастотных полей естественного и искусственного происхождения») и 1 докторская диссертация (А. Н. Караштин «Динамика плазменных неоднородностей декаметрового масштаба в различных областях атмосферы Земли»).

Опубликованы 90 статей в российских и зарубежных журналах и в трудах конференций и симпозиумов, 65 тезисов докладов и издано 11 препринтов.

При выполнении работ по тематическому плану 2009 года получены следующие основные результаты:

1. Предложен и разработан метод радиодиагностики величины и распределения напряженности магнитного поля и плотности плазмы во вспышечных петлях.

2. Даны рекомендации по совершенствованию радиоастрономического поляризационно-фарадеевского (РАПФ) метода исследования полного электронного содержания (ПЭС) ионосферы и его вариаций.

3. Предложен и разработан новый метод мониторинга грозовой активности на небольших расстояниях до 200–300 км, основанного на измерении времен прихода коротковолновых импульсов радиоизлучения и направления на их источник.

4. Проведена разработка и совершенствование метода радиофизической диагностики микропузырькового воздушного слоя под пленкой поверхностного натяжения морской поверхности в условиях ветрового волнения по ее собственному уходящему ИК-излучению.

5. Проведена разработка радиофизического метода определения параметров разлива нефти на морской поверхности при наличии волнения.

6. Проведена разработка методологии и создана аппаратура для обнаружения приповерхностных неоднородностей сейсмоакустические средствами на основе работ по зондированию и мониторингу верхнего слоя грунта как многофазной и многокомпонентной среды в нарушенном и естественном залегании.

7. Решена задача о рассеяния поверхностных акустических волн Рэлея в твердых телах с целью совершенствования методов

обнаружения локализованных подповерхностных неоднородностей в грунтах и материалах.

8. Рассмотрены пути решения проблемы поиска и разведки нефтегазовых месторождений на шельфе при использовании электромагнитного зондирования и создан эскизный проект донного датчика низкочастотного магнитного поля.

Институт принимал участие в 2 международных выставках:

1. 10-я международная выставка НЕФТЬ и ГАЗ (MIOGE-2009), 23-26 июня, Москва, Экспоцентр.
2. Международный форум «Великие реки-2009».

В 2010 г. в ФГНУ НИРФИ выполнялись 63 научно-исследовательских, опытно-конструкторских и хозяйственных работ, из них 1 – по тематическому плану, 1 – по государственному контракту с Федеральным агентством по науке и инновациям от 08.06.2009 г. №02.518.11.7164 в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 годы» по лоту «Проведение исследований в области рационального природопользования с использованием уникальных установок (мероприятие 1.8 Программы)», 4 НИР – по контрактам в рамках ФЦП «Создание и развитие системы мониторинга геофизической обстановки над территорией Российской Федерации на 2008-2015 годы», 2 НИР – в рамках Научно-технической программы Союзного государства «Нанотехнология-СГ», 2 НИР – в рамках Федеральной космической программы России на 2006–2015 годы, 1 НИР – в рамках ФЦП «Глобальная навигационная система», 25 НИР – по грантам РФФИ, в том числе, 7 проектов финансируются из средств и РФФИ, и Министерства промышленности и инноваций Нижегородской области, 27 хозяйственных работ.

В 2010 г. институт перешел в ведение Министерства образования и науки РФ, внесены изменения в Устав института,

По итогам года 5 научных результатов рекомендованы Ученым советом института в годичный отчет РАН, 25 результатов направлено в Научные советы РАН

Защищена 1 докторская диссертации (Д. А. Касьянов «Фокусирование цилиндрических расходящихся волн в приложении к задачам скважинной геоакустики»).

Опубликованы 69 статей в российских и зарубежных журналах и в трудах конференций и симпозиумов, 71 тезис докладов и издано 4 препринта.

При выполнении работ по тематическому плану 2010 года получены следующие основные результаты:

1. Проведена разработка принципов краткосрочного прогнозирования мощного энерговыделения по изображениям активных областей Солнца, полученным с высоким пространственным разрешением, на основе использования методики выделения по изображениям пространственных признаков строения активных областей, предшествующих вспышкам, с применением нейроноподобных алгоритмов.

2. Осуществлено дальнейшее совершенствование метода определения полного электронного содержания ионосферы (ПЭСИ) по данным измерений радиоастрономическим поляризационно-фарадеевским методом.

3. Разработан аппаратурно-программный комплекс для мониторинга полного электронного содержания ионосферы (ПЭСИ) и проведены экспериментальные исследования динамики ПЭСИ путем измерения характеристик сигналов от спутников навигационной системы GPS.

4. Проведены разработка и совершенствование СВЧ-радиометрического метода и алгоритмов дистанционного зондирования профиля температуры и общего содержания жидкой и парообразной воды.

5. Разработан метод диагностики волнового состояния морской поверхности по измерениям ее отражательной способности в ИК-диапазоне в широком диапазоне надирных углов (включая пригоризонтные).

6. Разработаны и созданы макеты индукционных датчиков для космических аппаратов применительно к задачам измерения низкочастотных (1Гц – 20 кГц) и высокочастотных (10кГц – 10000кГц) магнитных полей.

7. Развита метод малоракурсной томографической реконструкции применительно к дистанционному зондированию с целью решения задач идентификации и распознавания.

8. Проведены исследования и рассмотрены возможности ускорения процессов роста и растворения солевых моно и поликристаллов с помощью неоднородных акустических полей.

На основе реализации результатов поисковых и прикладных НИОКР по приоритетным направлениям науки, технологий и техники и критическим технологиям федерального уровня произведено 7 (в 2009 г.) и 8 (в 2010 г.) наименований научно-технической продукции.

Сотрудники института принимали участие в 41 и 39 российских и зарубежных конференциях в 2009 и 2010 гг., соответственно.

В 2009 г. 22 сотрудника, в 2010 г. 26 сотрудников института занимались учебной и преподавательской работой в вузах и техникумах Нижнего Новгорода.

Отдел аспирантуры ведет образовательную деятельность в сфере послевузовского профессионального образования по специальностям: астрофизика и радиоастрономия (01.03.02), приборы и методы экспериментальной физики (01.04.01), радиофизика (01.04.03). Общая численность аспирантов и соискателей в 2010 году составила 12 человек.

Награды 2009–2010 гг.

Д. ф.-м. н. М. И. Агафонов награжден Почетной грамотой Федерального агентства по науке и инновациям «за большой личный вклад в разработку и применение современных методов обработки информации, развитие метода малоракурсной астротомографии и большую научно-организационную работу».

Решением Сената Бэлцкого государственного университета им. Алеко Руссо, Республика Молдова, д. ф.-м. н. В. П. Урядову присуждено звание Почетного Доктора БГУ – DOCTOR HONORIS CAUSA.

Д. ф.-м. н. В. А. Разин награждён памятной медалью им. В. Я. Струве, основателя и первого директора Пулковской астрономической обсерватории, «За выдающийся вклад в развитие радиоастрономии».

Д. ф.-м. н. Д. А. Касьянов и к. ф.-м. н. В. Д. Кротиков награждены почётными дипломами Губернатора Нижегородской области.

Старший научный сотрудник Э. М. Зуйкова награждена Премией «Международной академической издательской компании «Наука/Интерпериодика» за лучшую публикацию в журналах Российской академии наук.

Аспирант Н. П. Пятаков выиграл конкурс на аспирантскую стипендию им. Разуваева на 2009-2010 уч.год.

Аспирант М. С. Дерябин получил стипендию Американского акустического общества.

Работа аспирантки А. С. Смирновой за высокий уровень была отмечена благодарностью на 15-й Нижегородской сессии молодых ученых.

**Результаты,
полученные в 2009 году**

**Результаты,
направленные в Научный совет
по астрономии
при отделении Физических наук РАН
2.3 звезды и планетные системы**

На основе данных спектрального мониторинга в линии HeII 4686A, проведенного в июне 2007 года на 2-м телескопе обсерватории Пик Терскол (Россия) и на 2.1-м телескопе Национальной астрономической обсерватории Мексики, построены трехмерные доплеровские томограммы рентгеновской двойной Лебедь X-1 ($V1357\text{ Cyg} = \text{Cyg X-1}$). Впервые определены компоненты скоростей структурных особенностей томограммы не только лежащие в орбитальной плоскости (V_x, V_y), но и в перпендикулярном направлении V_z . Реализация трехмерного (3D) варианта стала возможна благодаря использованию разработанного радиоастрономического подхода (РП) к реконструкции в малоракурсной томографии. На томограммах зарегистрированы и отождествлены две основные особенности структуры, которые свидетельствуют, что эмиссионная компонента линии HeII 4686A в основном образуется во внешней, ближайшей к звезде-донору (O-сверхгиганту) части аккреционной структуры системы Лебедь X-1, а абсорбционная – в атмосфере сверхгиганта. Максимум поглощения абсорбционной структуры соответствует нулевому значению компоненты скорости, перпендикулярной орбитальной плоскости, т.е. расположен на центральном сечении (V_x, V_y) при значении компоненты скорости $V_z=0$ км/с. Максимальная интенсивность эмиссионной компоненты достигается также при значении V_z , равном нулю. Однако она разбита на отдельные составляющие, имеющие различные V_z компоненты скорости, но находящиеся в основном в интервале от -180 до +135 км/с. Разрешение построенных томограмм одинаково в направлениях всех трех главных осей в пространстве скоростей (V_x, V_y, V_z) и составило $50 \times 50 \times 50$ км/с. Реконструкция выполнялась для угла наклона системы, равного 45 градусам. Контрольное построение томограммы для угла, равного 40 градусам, что не выявило существенных отличий. Построены также двумерные (2D) томограммы, которые подобны 2D томограммам, полученным ранее (для 1997, 2003 и 2004 гг.).

О. И. Шарова, М. И. Агафонов (ФГНУ НИРФИ)

Е. А. Карицкая (Институт астрономии РАН), Н. Г. Бочкарев (ГАИШ МГУ), С. В. Жариков (Национальная астрономическая обсерватория, Институт астрономии УНАМ, Мексика), Г. З. Бутенко, А. В. Бондарь (Астрономическая обсерватория Пик Терскол, Россия)

Приложение: Рисунок 1. Сечения трехмерной доплеровской томограммы двойной рентгеновской системы Лебедь X-1, построенной по спектральным профилям в линии HeII 4686A наблюдений 2007 года в Национальной астрономической обсерватории Мексики.

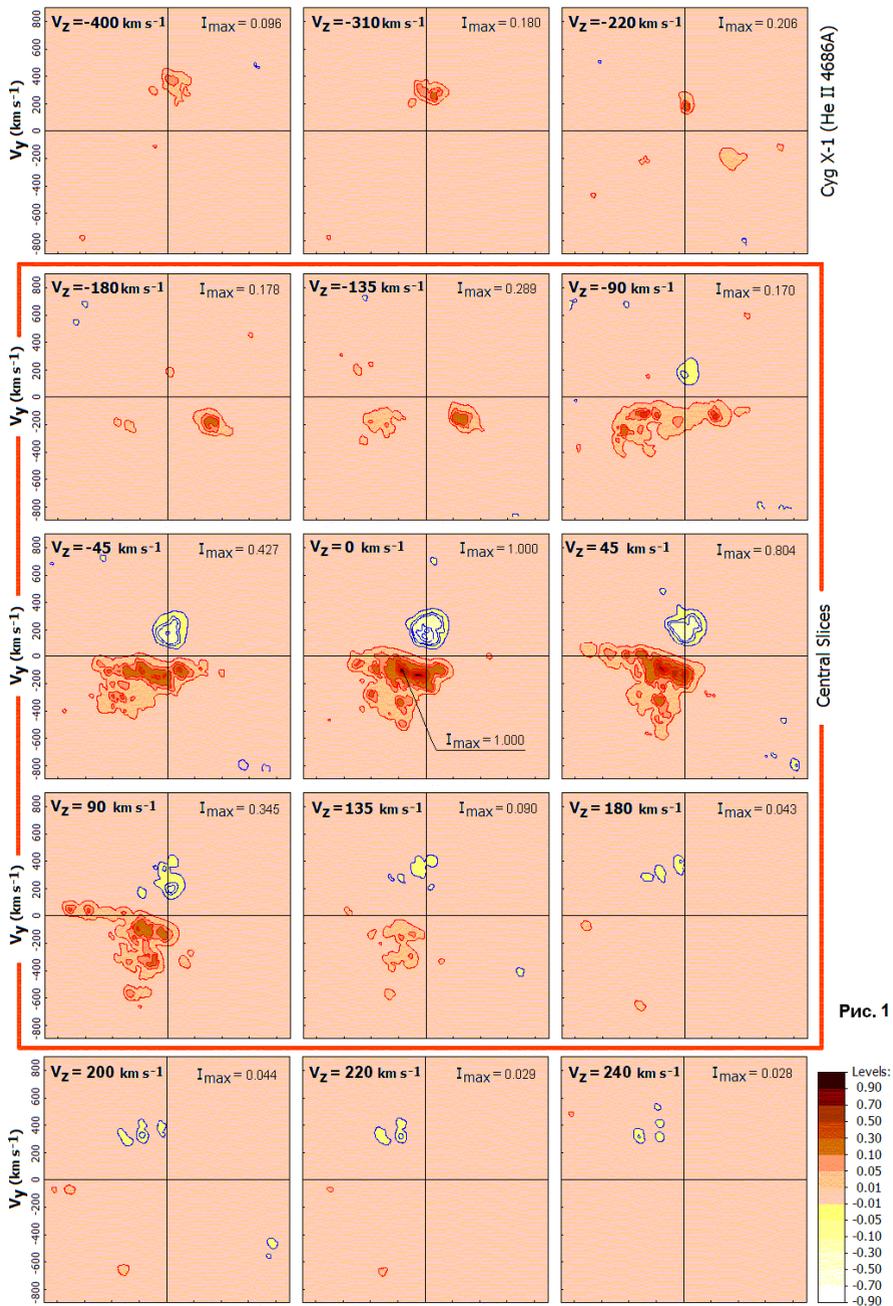


Рис. 1

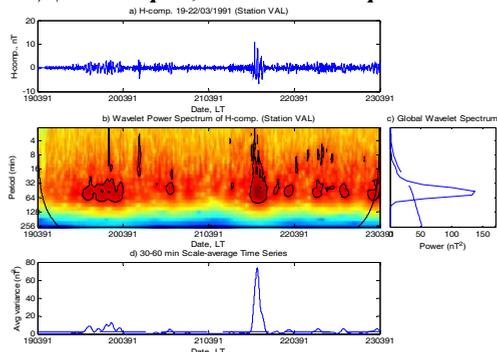
**Результаты,
направленные в Научный совет
по астрономии
при отделении Физических наук РАН
2. Солнце**

На большом статистическом материале (более 100 станций для 6 событий) подтверждено существование долгопериодных колебаний H-компоненты магнитного поля Земли – предвестников геоэффективных солнечных вспышек. Предвестники представляют собой усиление мощности колебаний горизонтальной компоненты магнитного поля с периодами 30-60 минут и наблюдаются за 0,5-3,5 дней до вспышки.

Показано, что увеличение амплитуды долгопериодных колебаний возникает раньше (за 3-2 дня) для мощных вспышечных событий, чем для слабых событий (за 1,5-0,5 дня).

Обнаружена зависимость мощности долгопериодных колебаний горизонтальной компоненты геомагнитного поля от величины потока протонов, которым сопровождалось солнечное событие – чем больше поток протонов, тем выше наблюдаемая мощность предвспышечных колебаний. *

А. С. Смирнова, С. Д. Снегирев, О. А. Шейнер



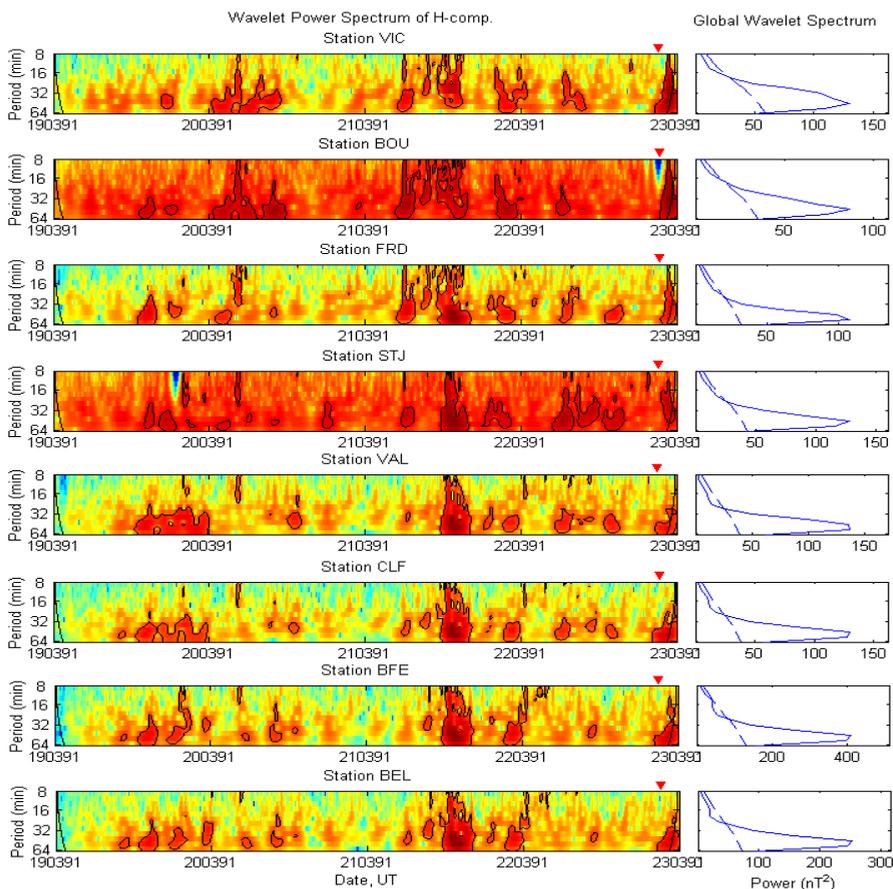
Дата вспышечного события	22.03. 1991 г. 43000pfu	4.11. 2001 г. 31,7pfu	17.11. 2001 г. 34 pfu	15.01. 2005 г. 5040 pfu	5.12. 2006 г. 1980 pfu	13.12. 2006 г. 698 pfu
Возрастание мощности долгопериодных колебаний	100% станций	95% станций	100% станций	100% станций	40% станций	100% станций
Средняя мощность предвспышечных колебаний с периодами 30-60 минут	Высокоширотные станции					
	5700 nT ²	2000 nT ²	2500 nT ²	15500 nT ²	500 nT ²	16500 nT ²
	Среднеширотные станции					
	900 nT ²	300 nT ²	100 nT ²	500 nT ²	20 nT ²	450 nT ²
Низкоширотные станции						
80 nT ²	20 nT ²	20 nT ²	80 nT ²	10 nT ²	50 nT ²	

* Результат направлен также в Научный совет РАН по физике солнечно-земных связей

Показано, что на станциях, расположенных на одном геомагнитном меридиане, мощность регистрируемых долгопериодных колебаний горизонтальной компоненты геомагнитного поля снижается с уменьшением широты, на станциях средних широт долгопериодные колебания появляются с опережением по сравнению с более высокими широтами – до нескольких часов.

Предвспышечные долгопериодные колебания, регистрируемые на станциях близких геомагнитных широт, идентичны и возникают одновременно, их мощность отличается незначительно.*

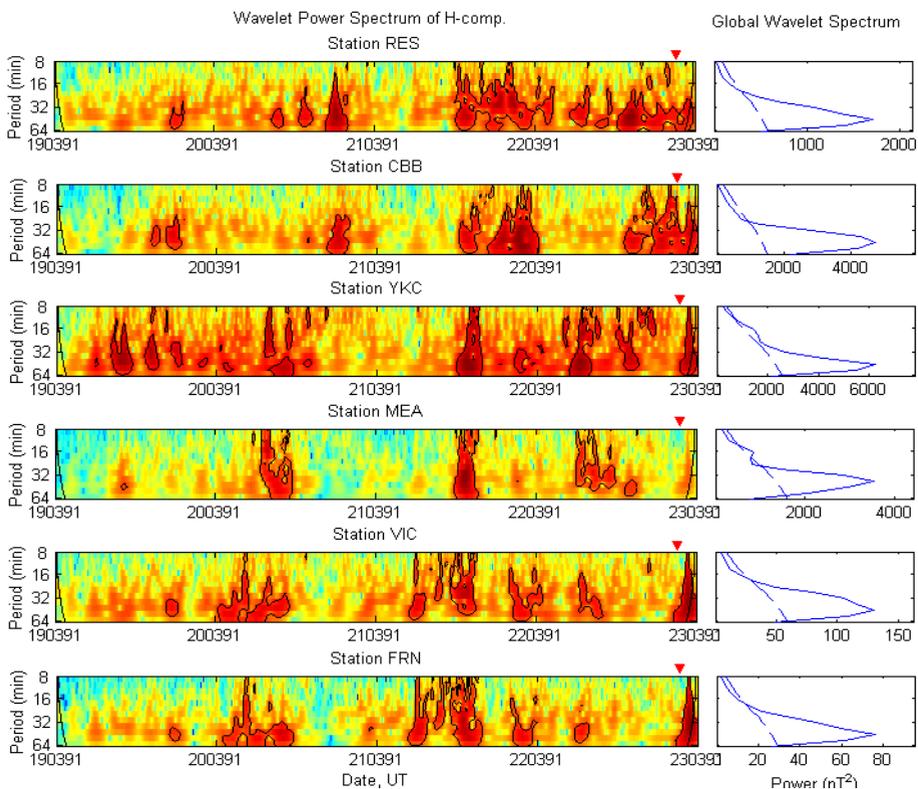
А. С. Смирнова, С. Д. Снегирев, О. А. Шейнер



Широтный разрез

* Результат направлен также в Научный совет РАН по физике солнечно-земных связей

На станциях близких геомагнитных широт предвспышечные колебания идентичны и возникают одновременно, их мощность отличается незначительно. Коэффициент корреляции спектральных плотностей (усредненных по периодам 30-60 минут) для таких станций достигает 99%, что свидетельствует о достоверности наблюдаемого эффекта.



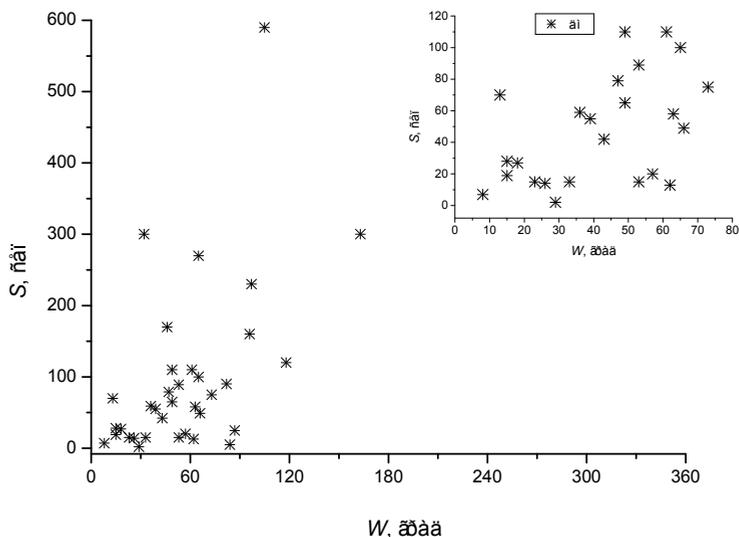
Меридиональный разрез

Для станций, расположенных на одном геомагнитном меридиане, мощность долгопериодных колебаний снижается с уменьшением широты приблизительно в 60 раз. Кроме того, на станциях средних широт колебания появляются с опережением в несколько часов.

Показано, что микроволновые предвестники с преобладающей дециметровый компонентой предшествуют низкоскоростным (со скоростями < 600 км/с) корональным выбросам масс, одновременно наблюдается рост углового размера таких КВМ с увеличением максимальной величины интенсивности дециметрового предвестника, по результатам статистического анализа микроволновых импульсных предвестников корональных выбросов массы (типа S, C, F) за 1998 и 2003 гг.*

В. М. Фридман, О. А. Шейнер

Если дециметровые предвестники корональных выбросов масс носят импульсный характер (S, C и F), то сами корональные выбросы имеют угловую ширину, не превышающую 180 градусов (события 1998 г. приведены на Рисунке), причем значительное большинство из них имеет небольшой угол раскрытия ($W < 75^\circ$). Более того, наблюдается увеличение максимальной величины интенсивности предвестника с увеличением угловой ширины корональных выбросов массы, в последующем зарегистрированных на коронографе. Этот факт наиболее ярко продемонстрирован на приведенном в правом углу рисунка распределении большинства событий. Немаловажно и то обстоятельство, что анализ распределения таких корональных выбросов масс по скоростям указывает на их низкую начальную скорость распространения – все они имеют скорость меньше 600 км/с ($V < 600$ км/с)



* Результат направлен также в Научный совет РАН по физике солнечно-земных связей

**Результаты,
направленные в Научный совет
по астрономии
при отделении Физических наук РАН
9. Астрометрия, небесная механика и
прикладная радиоастрономия**

Выполнены экспериментальные работы по подготовке инструментов и проведены калибровочные измерения и исследования солнечного радиоизлучения на радиоинтерферометре с независимым приемом (РСДБ) НИРФИ и трехэлементной сети РСДБ «Евпатория-Вентспилс-Ст.Пустынь».*

***А. А. Антипенко, А. Ф. Дементьев, Н. А. Дугин, М. Б. Нечаева,
Ю. В. Тихомиров, С. Д. Снегирев, Т. С. Подстригач, А. К. Чагунин***

В период с 20 сентября по 03 июля 2009 (эксперимент NIRFI 09.1) на РСДБ НИРФИ "Старая Пустынь – Зименки" проведена серия измерений радиоизлучения слабых "точечных" источников в двух частотных диапазонах 327 / 610 МГц, направленная на тестирование новой приемной и регистрирующей аппаратуры и калибровку базового расстояния. На частоте 327 МГц к инструменту НИРФИ подключался пункт РТ-32 в Вентспилсе. Параллельно проводились измерения радиоизлучения Солнца с целью фиксации вспышек микроволнового излучения.

В августе 2009 г. проведена подготовка к работе на частоте 327 МГц радиотелескопа РТ-32 Радиоастрономического центра Латвии (Вентспилс): протестирован и установлен облучатель, проведены измерения параметров антенны по радиоизлучению Солнца, Кассиопеи А и Лебедя А, установлен терминал записи, разработанный в ФГНУ НИРФИ, и согласован план совместных солнечных исследований. В сентябре проведены первые совместные измерения с РСДБ НИРФИ.

В период с 16 по 22 октября 2009 на международной РСДБ-сети с пунктами в Евпатории (РТ-70), Вентспилсе (РТ-32) и Старой Пустыни (РТ-14) (эксперимент VLBI 09.1) проведена серия измерений радиоизлучения слабых "точечных" источников, активных звезд и Солнца в частотном диапазоне 327 МГц. Основной целью первых совместных измерений было согласование поляризаций облучателей, калибровка баз, установление непрерывной связи между пунктами и выделение частотных зон, свободных от помех.

Кросс-корреляционная обработка данных выполняется по мере поступления информации (магнитных носителей) с пунктов в центр обработки в ФГНУ НИРФИ.

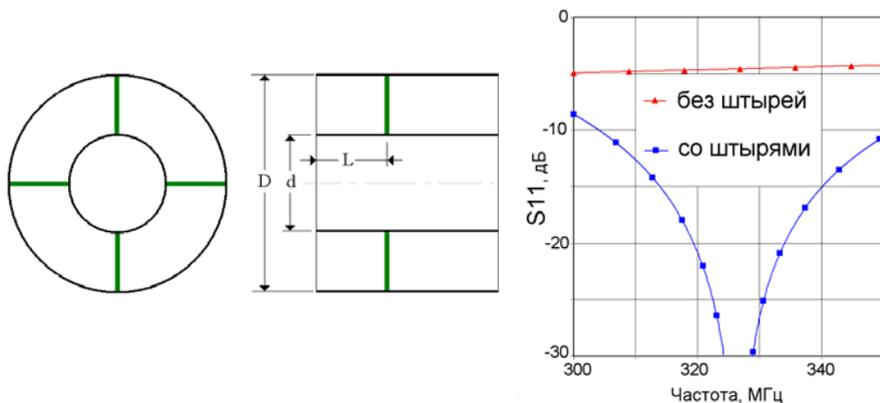
Организации-участники: ФГНУ НИРФИ, ГАО РАН, РИ НАНУ, НЦУИКС (Украина), Радиоастрономический центр Латвии (Вентспилс).

* Результат направлен также в Секцию «Радиотелескопы и методы»

**Результаты,
направленные в Научный совет
по астрономии
при отделении Физических наук РАН
11. Радиотелескопы и методы**

Предложена простая структура компактного согласующего устройства волны TE_{11} коаксиального излучателя со свободным пространством, компенсирующего сильное апертурное рассогласование, характерное для излучателей с небольшим ($D/d \approx 2$) отношением диаметров коаксиала. Согласующее устройство выполнено в виде четырех короткозамыкающих радиальных индуктивных штырей, расположенных в коаксиальном волноводе в одной плоскости через 90 градусов, на расстоянии $L \approx 0.2\lambda_0$ от плоскости апертуры.

В.И Абрамов



При этом в 5% полосе частот коэффициент отражения от апертуры снижается с -4.5дБ до -20дБ. Согласующее устройство не вносит анизотропию отражения, а высшие типы волн, возбуждаемые штырями, из-за достаточного затухания практически не влияют на диаграмму направленности. Достоинством согласующего устройства является также возможность его использования одновременно и для центрирования элементов коаксиального волновода. Предложенная структура согласующего устройства применена при модернизации компактного трехчастотного (327, 610 и 1670 МГц) коаксиального поляризованного облучателя антенн радиоинтерферометра НИРФИ.

Основные публикации:

Абрамов В.И., Антипенко А.А., Дементьев АФ, Дугин Н.А., Нечаева М.Б., Снегирев С.Д., Тихомиров Ю.В., Формозов Б.С. Радиоинтерферометр с независимым приемом для солнечных исследований. Приемный комплекс.// Препринт №523 ФГНУ НИРФИ. – Н.Новгород, 2008, 28с.

**Результаты,
направленные в Научный совет
по распространению радиоволн
при отделении Физических наук РАН**

В натуральных условиях при ветровом волнении измерены отражательная способность, поправка к ней связанной с рябью, температура и диэлектрическая проницаемость граничного плёночного слоя морской поверхности по дистанционным измерениям излучений морской поверхности и атмосферы в миллиметровом диапазоне. Определена диэлектрическая проницаемость воды в скин-слое. Обнаружено, что в натуральных условиях мнимая часть диэлектрической проницаемости в слое 0.2 мм больше величины, обычно принимаемой для воды по модельным данным.

К. С. Станкевич, И. Т. Бубукин

Измерены в натуральных условиях при ветровом волнении отражательная способность, диффузная компонента коэффициента отражения из-за рассеяния на волнах ряби, коэффициент отражения локально ровной поверхности, температура воды граничного плёночного слоя морской поверхности по дистанционным корреляционным измерениям интенсивностей излучений морской поверхности и атмосферы в 5-миллиметровом диапазоне. Определена диэлектрическая проницаемость воды в скин-слое. Обнаружено, что в натуральных условиях мнимая часть диэлектрической проницаемости воды в поверхностном слое 0.2 мм больше величины, принимаемой для воды в стандартных моделях, что можно объяснить уменьшением в 1.5-2 раза времени релаксации дипольных молекул из-за наличия значительных концентраций растворенных неполярных газов, присутствующих в тонком поверхностном слое воды в следствие обменных процессов между атмосферой и морем.

Измерения сделаны впервые и стали возможны в результате создания метода одновременных дистанционных радиометрических измерений отражательной способности, диффузной компоненты коэффициента отражения из-за рассеяния на волнах ряби, коэффициента отражения локально ровной поверхности, и температуры воды граничного плёночного слоя морской поверхности в натуральных условиях морского волнения (рис.1).

Натурные измерения излучения морской поверхности и атмосферы проводились на научной станции ФГНУ НИРФИ "Кара Даг" с пирса Карадагского природного заповедника НАН Украины.

Публикации

И.Т.Бубукин, К.С.Станкевич "Натурные измерения отражательной способности и диэлектрических свойств пленочного слоя морской поверхности в миллиметровом диапазоне". Доклад на Четвертой Всероссийской научной школе и конференции "Радиофизические методы в

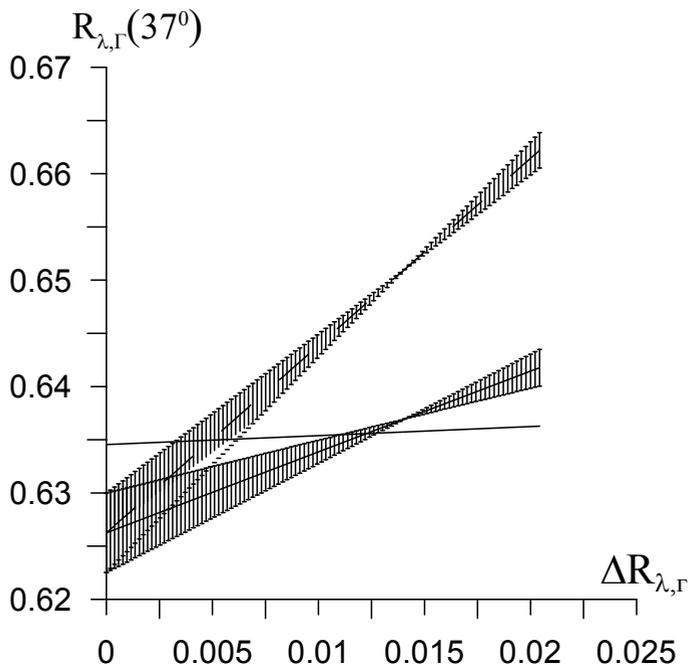


Рис.1 Отражательная способность (сплошная), коэффициент отражения локально ровной поверхности (пунктир) в зависимости от диффузной компоненты коэффициента отражения. Горизонтальная прямая – расчетный коэффициент отражения с учетом крупномасштабного волнения.

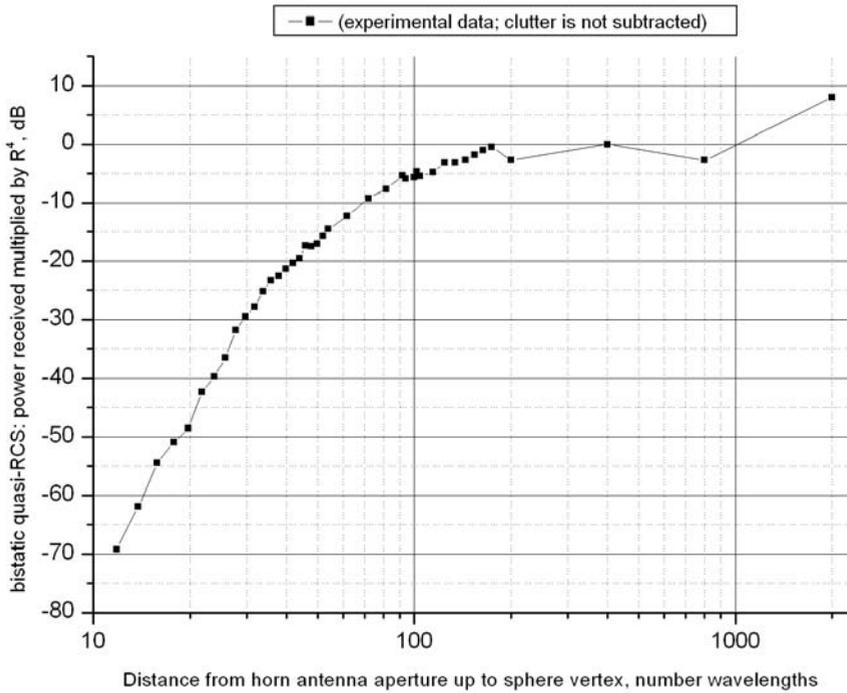
Разработана методика выполнения измерений пространственных ослаблений радиолокационных трактов КВЧ диапазона, содержащих объекты рассеяния различных топологических форм в зависимости от расстояния до них и ракурса их облучения относительным методом бистатической радиолокации в ближней и промежуточной зонах объекта рассеяния электромагнитных волн.

Ю. И. Белов, В. И. Абрамов

Радиолокация объектов рассеяния при размещении приемопередатчика радара в их ближней зоне является значимой проблемой для разработки бесконтактных датчиков близости КВЧ диапазона в военных системах, антистолкновительных системах транспорта и строительных кранов. Однако введение такого удобного параметра описания объектов рассеяния, как ЭПР, в их ближней зоне, вызывает затруднения. Задача непосредственного измерения зависимостей приемной мощности от расстояния и ракурсного угла объектов лоцирования очень трудоемка в КВЧ диапазоне, где диаграммы рассеяния имеют очень узкие лепестки. С другой стороны, диапазон КВЧ позволяет легко реализовать компактные антенны с достаточно узкими ($\sim 10^\circ$) диаграммами направленности (ДН), но реальный объект может облучаться не полностью, а частично. Освещенная часть объекта легко аппроксимируется некоторой простой формой – частью плоскости, сферы, цилиндра, конуса. Показано, что в этом случае для упомянутых объектов рассеяния можно построить достаточно точный прогноз зависимости приемной мощности от расстояния и сократить тем самым объем испытаний РЛС при доказательстве их состоятельности для задачи обнаружения заданных объектов рассеяния. Для проверки результатов математического моделирования на основе метода физической оптики (Кирхгофа) разработана методика выполнения измерений пространственных ослаблений радиолокационных трактов КВЧ диапазона, содержащих объекты рассеяния простых топологических форм в зависимости от расстояния до них и ракурса их облучения относительным методом бистатической радиолокации в ближней и промежуточной зонах объекта рассеяния электромагнитных волн.

В методике, по сути, используется относительный метод измерений, в котором условный (произведение мощности приемного сигнала на 4 степень расстояния до выбранной точки на объекте лоцирования) двухпозиционный эффективный поперечник рассеяния (ДЭПР) исследуемых целей, расположенных в дальней зоне антенн приемопередатчика, но в ближней или промежуточной зоне цели, сравнивается для любого, наперед заданного расстояния от антенн до цели, с ДЭПР калибровочных целей – сфер или круглых дисков. Размер калибровочных целей для сравнения принятой от них отраженной мощности с мощностью сигнала от исследуемой цели подбирается таким образом, чтобы расстояние размещения исследуемого объекта являлось бы расстоянием дальней зоны для калибровочных целей.

Ниже приведены результаты эксперимента по бистатическому лоцированию металлической сферы диаметром 30 длин волн при расположении радара в ближней зоне лоцирования.



Исследовано проявление в ионосфере эффектов частного солнечного затмения 1 августа 2008 г. с максимальной фазой 0,653 методом одновременной регистрации сигналов частичных отражений (ЧО) и сигналов, рассеянных искусственными периодическими неоднородностями (ИПН). Получено высотное-временное распределение электронной концентрации в D-области ионосферы. Найдено, что во время затмения наблюдалось уменьшение электронной концентрации в D-области в 3-4 раза. Получено при этом, что на высотах 75-77 км отклик ионосферы (то есть достижение минимума электронной концентрации) запаздывал по отношению к времени максимальной фазы затмения на Земле на 3-4 минуты, в то время как на высоте 85-90 км это запаздывание составляло 20-24 минуты. Оценки показывают, что разное запаздывание отклика ионосферы на высотах нижней и верхней части D-области свидетельствует в пользу линейного коэффициента рекомбинации в первом случае и квадратичного – во втором. Регистрация сигналов, рассеянных ИПН, позволяет отследить динамику уменьшения электронной концентрации в нижней и верхней ионосфере во время затмения и оценить условия образования ИПН.

Н. В. Бахметьева, В. В. Беликович, В. Д. Вяхирев, Е. Е. Калинина)

Рисунок 1.

Реакция ионосферы на солнечное затмение 1.08.2010 по наблюдениям обратного рассеяния радиоволн естественными (метод частичных отражений) и искусственными периодическими (метод ИПН) неоднородностями ионосферной плазмы: зависимость амплитуды сигнала в яркостном виде в координатах «действующая высота-время».

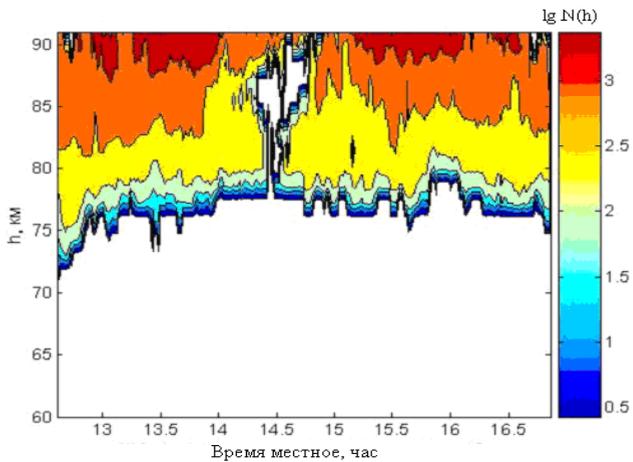
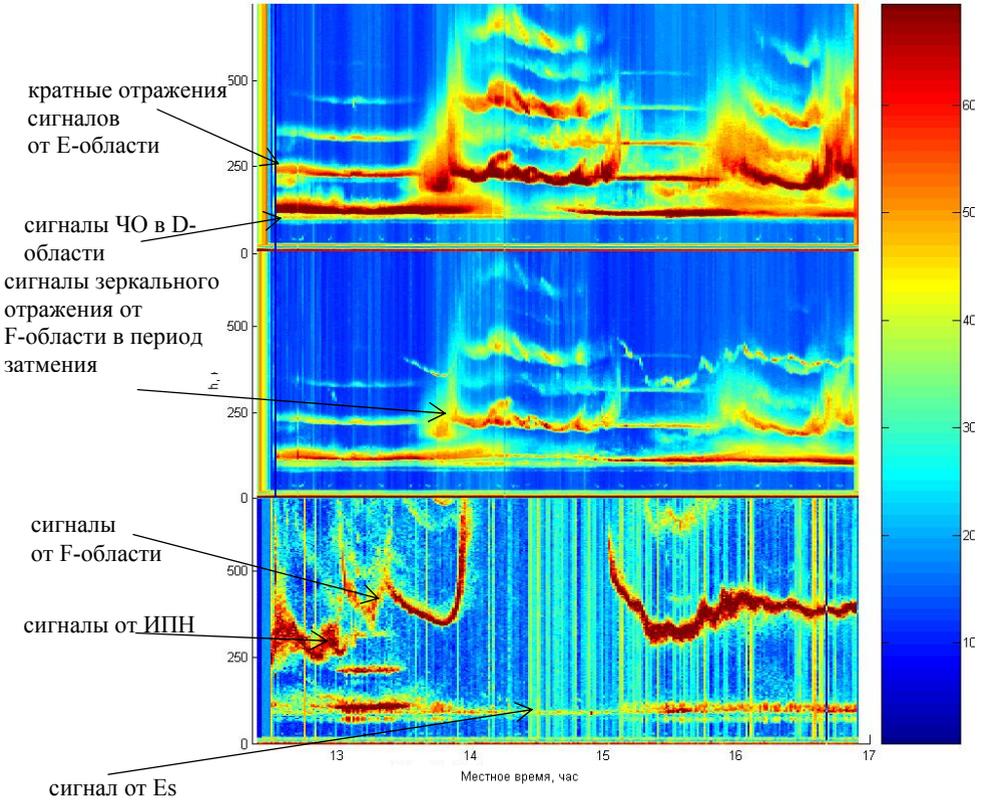
Две верхние панели – амплитуды сигналов частичных отражений (ЧО) на частоте 2,95 МГц: а) обыкновенная компонента зондирующего сигнала, б) – необыкновенная компонента.

Нижняя панель – в): сигналы, рассеянные искусственными периодическими неоднородностями ионосферной плазмы (ИПН), созданные необыкновенной компонентой мощной радиоволны на частоте 4,7 МГц (стенд «Сура»), в нижней ионосфере – области D и E и в F-области.

Во время затмения уменьшилась электронная концентрация F-области, в результате чего волна частотой 4,7 МГц перестала отражаться от ионосферы и ИПН исчезли. По измерениям амплитуд сигналов частичных отражений определена электронная концентрация в D-области ионосферы, показанная на рис. 2, которая значительно снизилась во время затмения.

1.08.2008

А, дБ



Обнаружены магнитозвуковые волны в ионосфере, источником которых являются пульсации электроджетов в полярных областях Земли

Г.И. Григорьев, О.М. Бархатова (ФГНУ НИРФИ)

Н.А. Бархатов (НГПУ)

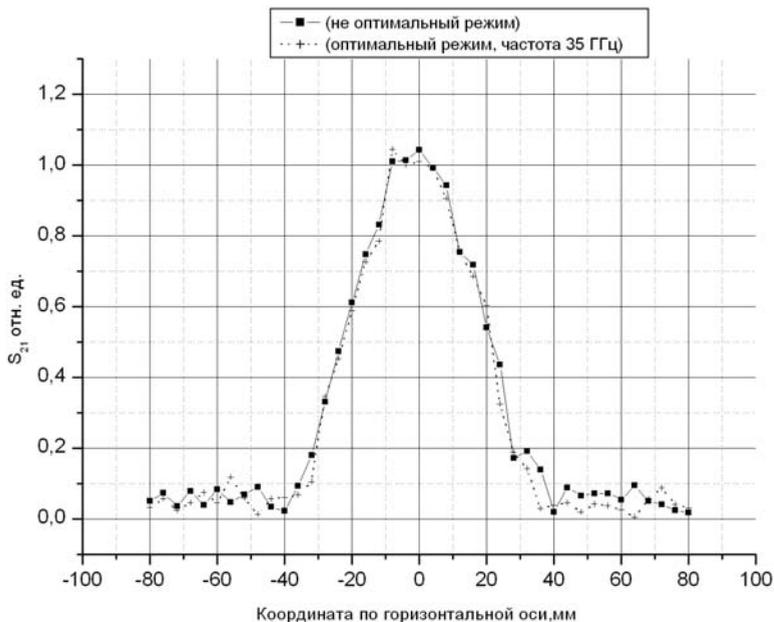
Экспериментальные данные по распространению радиоволн декаметрового диапазона на среднеширотных и субавроральных трассах наклонного ЛЧМ зондирования Инскип-Ростов-на-Дону, Кипр-Ростов-на-Дону, Иркутск-Ростов-на-Дону и др. в декабре 2006г. и марте 2007 г. (в условиях слабой геомагнитной возмущенности) показали эпизодическое присутствие перемещающихся ионосферных возмущений (ПИВ). В предположении, что источником этих ПИВ являются пульсирующие электроджеты в полярных областях Земли, вычислением линейных корреляций установлены временные задержки индексов АЕ полярных электроджетов и максимально наблюдаемых частот (МНЧ) для рассматриваемых трасс. Эти задержки отвечают временам переноса магнитогравитационных возмущений из авроральных областей до точек отражения радиоволн на соответствующих трассах. Среди полученных временных сдвигов выделяются значения в 5-10 мин, которые отвечают скоростям распространения возмущений, существенно превышающим обычные скорости внутренних гравитационных волн. Эти события могут быть связаны с распространением магнитозвуковых волн. Изучение спектрального состава индекса АЕ и регистрируемых МНЧ для случаев повышенной корреляции при малых временных задержках показывает согласованность особенностей спектров. Обнаружено, что при этом имеет место совпадение спектральных особенностей возмущений АЕ и возмущений горизонтальной компоненты геомагнитного поля на наземных магнитных станциях. Проанализированы дисперсионные характеристики магнитозвуковых волн для условий эксперимента.

**Результаты,
направленные в Научный совет РАН
по научному приборостроению
при Президиуме РАН**

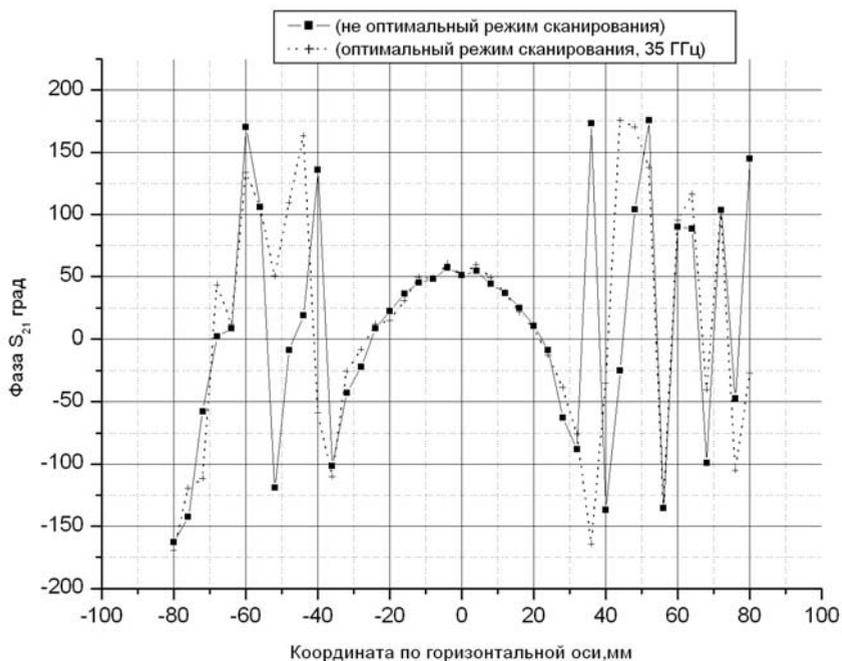
Экспериментально исследованы характеристики скоростей и ускорений перемещения зонда планарного сканера с полем сканирования 1500 x 1500 мм для выбора оптимальных режимов при работе с векторным анализатором цепей в задачах измерения характеристик антенн в их ближней зоне.

Ю. И. Белов, А. Г. Серкин, С. О. Черникова

Оптимизация проведена с помощью специально разработанного программного обеспечения по параметрам: точность позиционирования по 4 осям управления сканером (три декартовых координаты плюс вращение по поляризационной оси антенны зонда) и минимальное время исполнения команд управления. На основе рекомендованных по результатам исследования режимов сканирования проведены измерения характеристик калибровочных рупорных антенн КВЧ диапазона волн в их ближней зоне. Оценка эффективности оптимизации проведена сравнением диаграмм направленности калибровочных антенн, восстановленных по результатам измерений в ближней зоне, с результатами, измеренными в дальней зоне этих антенн. При этом на основе теоретических исследований считалось, что методические ошибки измерений в ближней зоне (ошибки позиционирования зонда, размер сектора сканирования поля в ближней зоне) являются определяющими, что и было доказано в ходе выполненных экспериментов.



На рисунках приведены результаты экспериментов с пирамидальным рупором при измерениях полей в его ближней зоне для оптимального и неоптимального выбора параметров сканирования.



Разработан и изготовлен стенд для проведения в естественных условиях окружающей среды спектральных поляризационных радиометрических исследований микроволнового излучения, исходящего от поверхности воды, как чистой, так и с плёнкой нефтепродукта, со спокойной поверхностью и при наличии волнения.

И. В. Ракуть, Ю. А. Железняков, В. В. Кочин, Н. Н. Голованова, В. Д. Кротиков, Л. Б. Трофимова, В. И. Абрамов

В составе стенда: установленный в Радиоастрономической обсерватории ФГНУ НИРФИ «Старая Пустынь» бассейн $10 \times 7.5 \times 0.6$ м; двухканальный радиометрический модуль с полосами приёма 33-35 ГГц и 11,7-12,7 ГГц, закреплённый на опорно-поворотном устройстве с пятью степенями свободы, что обеспечивает приём излучения от различных точек поверхности воды в бассейне и окружающей среды в широком диапазоне углов; четыре механических генератора волнения, расположенных по периметру стенки бассейна и предназначенных для создания различной динамики и распределения волнения по поверхности воды в бассейне и высоты волн до 30 см; три датчика динамики уровня поверхности воды; система сбора и обработки получаемой информации на основе аналого-цифрового преобразователя, ЭВМ и созданного программного обеспечения.



На стенде проведен цикл спектральных измерений излучения поверхности чистой воды и воды с толщиной нефтяной плёнки от 0,2 до 7 мм при трёх типах волнения и высотой волн до 15 см.

Разработан и изготовлен лабораторный стенд для проведения спектральных радиометрических исследований в микроволновом диапазоне волн как характеристик отражения потока радиоизлучения, падающего на взволнованную поверхность воды чистую или с наличием нефтепродукта, так и характеристик излучательной способности самой воды и разлитого на воде слоя нефтепродукта в условии волнения.

И. В. Ракуть, Ю. А. Железняков, В. В. Кочин, Н. Н. Голованова, В. Д. Кротиков

В составе стенда: бассейн 2.2×2.5×0.2 м; двухканальный радиометрический модуль с полосами приёма 33-35 ГГц и 11,7-12,7 ГГц, закреплённый на опорно-поворотном устройстве, обеспечивающем изменение направления приёма излучения от различных точек поверхности воды в бассейне; генераторы шумового излучения, расположенные на специальной опоре, для обеспечения подсветки различных точек водной поверхности бассейна в широком диапазоне углов по азимуту и углу места; генератор волн на поверхности воды с высотой волн до 8 см; датчик высоты волн; система сбора и обработки получаемой информации, состоящей из аналого-цифрового преобразователя, ЭВМ и созданного программного обеспечения. Проведены тестовые испытания системы.



**Результаты,
направленные в Научные Советы РАН
и в Отчет института**

Создан измерительный радиометрический комплекс ИК-излучения в диапазоне 8-14 мкм. Проведено тестирование, калибровка в широком диапазоне температур, апробация комплекса в лабораторном эксперименте. Комплекс отличается от имеющейся аппаратуры повышенной оперативностью измерений собственных излучений морской поверхности и атмосферы. Усовершенствован, разработанный в ФГНУ НИРФИ, метод точного определения в натуральных условиях отражательной способности граничного плёночного слоя морской поверхности по данным дистанционных измерений в ИК диапазоне. Разработаны методика измерений и алгоритмы обработки данных для измерения реального коэффициента отражения, изменения коэффициента отражения под действием волнения, определения дисперсии уклонов морской поверхности и степени развитости волнения. Разработаны алгоритмы определения диффузной части коэффициента отражения морской поверхности в ИК диапазоне на структурах морской поверхности меньших 10 микрон. Проведены измерения отражательной способности граничного плёночного слоя морской поверхности в ИК диапазоне в натуральных условиях морского волнения. Эксперимент проведен с применением созданных методик измерений и алгоритмов обработки данных для определения коэффициента отражения. Обнаружено, что в натуральных условиях отражательная способность изменчива и меньше величины, полученной для морской воды в лабораторных измерениях. По отражательной способности определена диэлектрическая проницаемость воды в скин-слое ИК диапазона в интервале 8-14 мкм. Полученные в ходе измерений данные натуральных измерений диэлектрической проницаемости воды в скин-слое ИК диапазона, внутри слоя морской поверхности, граничащего с атмосферой, интерпретированы как комплексная диэлектрическая проницаемость статистической смеси воды и микропузырьков воздуха, формирующейся под пленкой поверхностного натяжения, по крайней мере, в слое толщиной порядка 10 мкм. Получены данные об объемных концентрациях воды и микропузырькового воздушного конгломерата и их изменчивости в натуральных условиях при умеренной силе ветра (менее 5 баллов). Разработаны модели смеси воды с воздушными микропузырьками внутри температурного пленочного слоя, необходимые для прогнозирования энергетических обменных процессов в системе морская поверхность-атмосфера.

Отдел №1

Разработана теория доплеровской радиолокации сферического взрыва на начальной стадии развития в атмосфере. Проведен натуральный эксперимент по диагностике взрыва сферических зарядов в атмосфере непрерывным доплеровским радиолокатором 8-мм диапазона. Разработана методика математической обработки результатов натурального эксперимента.

Отдел №1

В борновском приближении метода возмущений теоретически исследовано рассеяние гармонической поверхностной акустической волны Рэлея на неоднородности малых по сравнению с длиной волны размеров, находящейся в упругом полупространстве вблизи его границы. Материал неоднородности отличается от материала полупространства только плотностью. Детально исследовано рассеяние рэлеевской волны в рэлеевскую волну. Получены выражения для вертикальных и горизонтальных компонент вектора смещений в рассеянной волне, а также для ее мощности излучения.

Установлено, что рассеянное поле создается, главным образом, вертикальными колебаниями неоднородности в поле падающей волны. Мощность излучения рассеянной волны резко падает с увеличением глубины расположения подповерхностной неоднородности, поэтому рассеяние рэлеевской волны в рэлеевскую волну оказывается эффективным лишь в тех случаях, когда неоднородность находится на глубине, не превышающей приблизительно одной третьей части длины поперечной волны в упругой среде.

Отдел №2

По ведущейся в отделе многолетней программе исследования векового уменьшения плотностей потоков радиоизлучения молодых остатков сверхновых выполнены очередные измерения плотности потока радиоизлучения остатка сверхновой Кассиопея А по отношению к радиогалактике Лебедь А на частоте 290 МГц.

Отдел №2

На основе комплексного анализа данных наблюдений двух солнечных вспышек с высоким пространственным разрешением впервые установлено, что ускорение среднерелятивистских электронов происходило в вершинах соответствующих вспышечных петель и преимущественно с продольной пичч-угловой анизотропией. Определение места ускорения и типа пичч-угловой анизотропии ускоренных электронов в конкретной вспышечной петле важно для выбора между альтернативными механизмами и моделями ускорения электронов.

Отдел №3

Для определения типа анизотропии и места ускорения электронов в конкретных вспышечных петлях развит метод, основанный на зависимости характеристик распределения яркости, частотного спектра и поляризации гиротронного излучения от места инъекции, типа и степени анизотропии среднерелятивистских электронов.

Отдел №3

Разработаны модели эволюции распределений заряженных частиц во вспышечных петлях на основе численного решения кинетического уравнения в форме Фоккера-Планка при разнообразных предположениях о месте

ускорения/инжекции энергичных электронов и о типе их питч-угловой анизотропии. Получены модельные пространственные распределения радиояркости и поляризации на разных частотах, а также – пространственно локализованные спектры радиоизлучения.

Отдел №3

Выполнена серия экспериментальных исследований радиоастрономическими методами основных характеристик 70-метровой антенны П-2500 на объекте «Уссурийск» в X-диапазоне. Измерения проводились как часть работ по модернизации антенны в рамках Федеральной космической программы на 2006-2015 г.г. Полученные данные об эффективной площади, шумовой температуре, параметрам главного лепестка ДН на частотах 7,2 ГГц и 8,4 ГГц подтверждают готовность антенны П-2500 для решения задач по управлению КА «Фобос - Грунт», а также дают основу для дальнейшего совершенствования ее характеристик.

Отдел №3

В плане сотрудничества с ФГУП «ВНИИФТРИ» в ФГНУ НИРФИ проведены научные исследования возможных путей модернизации технических средств определения параметров вращения Земли (ПВЗ) ГСВЧ (Государственной службы времени и частоты) путем создания РСДБ-сети на основе быстровращающихся антенн малого диаметра. Данная работа являлась составной частью НИР «Исследования по эталонированию времени, точному распространению времени и определению параметров вращения Земли на основе новых физических принципов и явлений, включая хронометрирование пульсаров» (шифр «Пульсар» по ФНЦП «Глобальная навигационная система»). Проведено исследование парка имеющихся российских аппаратно-программных средств РСДБ и проверка соответствия их технических характеристик тактико-техническим требованиям проекта VLBI2010, сформированы на основе проведенного исследования выводы о возможности использования этих средств для реализации программы создания РСДБ-сети ГСВЧ в России. Исследованы производственные возможности ряда российских предприятий и разработаны предложения по их участию в создании РСДБ-сети ГСВЧ.

Рассмотрены следующие системы аппаратно-программных средств РСДБ: антенные системы (включая опорно-поворотные устройства); приемная аппаратура (радиометры, маломощные усилители); система калибровки приемных РСДБ-трактов; системы преобразования и регистрации сигналов; системы передачи данных измерений от пунктов сети в центр корреляционной обработки; коррелятор, предназначенный для определения групповых задержек и частот интерференции.

Отдел №3

Создан детектор автоматического выделения шестигранных бензольных колец в химических формулах. Для анализа фрагмента изображения детектор использует комбинации нейроноподобных первичных рецепторов, из которых на стадии обучения отбираются наиболее эффективные и собираются в комитеты (каскады). При создании и обучении детектора использовались 2173 примера объектов и 170 файлов изображений без объекта, содержащих более миллиона фоновых фрагментов. Тестирование детектора на текстах, содержащих химические формулы, дало хорошие результаты и показало, что созданный детектор может использоваться для автоматического обнаружения бензольных шестигранных колец.

Отдел №3

Создан детектор автоматического выделения легковых автомобилей на фоне улиц и дорог. Для анализа фрагмента изображения детектор использует комбинации нейроноподобных первичных рецепторов, из которых на стадии обучения отбираются наиболее эффективные и собираются в комитеты (каскады). При создании и обучении детектора использовались 2750 примеров объектов, полученных в процессе видеонаблюдения за дорожной обстановкой как с неподвижной видеокамеры, так и с движущегося автомобиля. Фоновые фрагменты примеров без объекта для обучения набирались из кадров той же видеосъемки в количестве около 3 млн. Тестирование созданного детектора автомобилей дало удовлетворительные результаты.

Отдел №3

Исследовано влияние обработки постоянным магнитным полем сухих семян овса (*Avena sativa L.*) на развитие выращенных из них проростков и на стабильность ростовых процессов у них, а также на устойчивость выращенных из них проростков к действию стресс-факторов на примере солеустойчивости. Показано, что обработка семян постоянным магнитным полем вызывает снижение вероятности прорастания, угнетение ростовых процессов у исследованных объектов, и увеличение солеустойчивости выращенных из таких семян проростков. Разработана динамическая математическая модель исследуемых процессов. Численный анализ модели показал ее качественное соответствие эксперименту.

Отдел №3

Продолжено развитие методической, программной и технической базы РСДБ исследований в ФГНУ НИРФИ. Приобретен второй комплект ВЧ-блоков на частоты 327/610 МГц с шумовой температурой менее 70К, что обеспечивает уверенный прием радиоизлучения слабых точечных калибровочных источников на РСДБ НИРФИ. Разработан, изготовлен и протестирован терминал для регистрации РСДБ-данных на жесткий диск компьютера. Указанный терминал

был применён в РСДБ-сеансах сентября – октября 2009 г. Изготовлены 4 комплекта терминалов с процессорными блоками ЭВМ для РСДБ НИРФИ и терминалы для пунктов в Вентспилсе и Евпатории.

Проведены теоретические исследования по моделированию распознавания спайкообразных явлений в солнечном радиоизлучении при использовании многоэлементного РСДБ-комплекса: Зименки – Ст.Пустынь – Евпатория – Вентспилс – Калязин.

Отдел №3

В плане сотрудничества с ННИИРТ разрабатывается аппаратурно-программный комплекс для мониторинга искусственных космических объектов в околоземном космическом пространстве на основе усовершенствованного метода РСДБ-локации. Рассмотрены возможности применения серийных РЛС в качестве передающих и приемных комплексов на основе расчета величины отраженных сигналов в зависимости от мощности передатчика, параметров излучаемого сигнала и характеристик используемых антенн; сформулированы требования к параметрам приемной РСДБ-аппаратуры на основе результатов расчетов для рабочей частоты 1.2 ГГц.

Отдел №3

Разработан способ измерения волновых колебаний поверхности природных вод и устройство для его осуществления, не требующее источника питания. Принцип работы устройства основан на зависимости гальванической ЭДС системы электродов от соотношения площадей их контакта с водой. В качестве аналогового аналитического сигнала используется ток гальванической пары электродов, что позволяет исключить внешний источник энергии.

Отдел №3

Разработан способ определения возраста разливов нефти на открытых поверхностях, основанный на том, что в пробу опускают калиброванный капилляр, измеряют высоту поднятия пробы нефти за фиксированное время по калиброванному капилляру, определяют возраст разлива путем сравнения высоты поднятия нефти по этому капилляру за фиксированное время с откалиброванным уровнем высоты для образцов того же вида нефти. При увеличении возраста разлива нефти высота поднятия нефти по капилляру уменьшается за счет снижения в разлитой нефти легких фракций.

Отдел №3

Разработан погружной зонд для совместного определения освещенности в толще воды, мутности, цветности, прозрачности и индикации содержания фитопланктона. Зонд состоит из погружаемого блока, блока регистрации и соединительного кабеля. Питание от аккумулятора. Предназначен для полевых исследований. В настоящее время оформляется заявка на полезную модель.

Отдел №3

Выполнены спектральные радиометрические исследования нестационарного состояния атмосферного водяного пара. Осуществлены синхронные измерения интенсивности излучения атмосферы в областях микроволновых линий поглощения водяного пара 183 и 22.23 ГГц на частотах 140, 95, 20.75 и 22.23 ГГц и их отношений к частоте $K(\nu_i) = T_{я}(\nu_i) / T_{я}(22.23)$.

В ясной (безоблачной) атмосфере обнаружены существенные (2 - 3 раза) отклонения отношения интенсивностей $K(\nu_i)$ от их стационарных значений K_0 для водяного пара на временных масштабах от ~ 4 до ~ 80 мин.

Измеренный спектр отношений $K(\nu_i)$ для указанных ситуаций, в подавляющем их количестве, соответствует спектру "ясной" атмосферы при наличии в ней субмикронных водяных кластеров размерами ~ 0.5 мкм с водностью близкой к водности обычных жидкокапельных облаков (размер капель ~ 8 мкм).

В видимом спектре кластерные "облака" в отличие от капельных, не идентифицируются, т.к. рассеяние солнечного света на кластерах носит резонансный характер с максимумом в голубой области спектра, т.е. цвет кластерных "облаков" - голубой, как и цвет чистой атмосферы.

Отдел №4

Показано, что при воздействии на растущую (растворяющуюся) грань солевого монокристалла цилиндрически сфокусированным акустическим полем ультразвукового диапазона и заданной апертуры возможно ускорение роста этой грани (в 2 - 2,5 раза по сравнению с характерными значениями в режиме свободной конвекции) на масштабах до 10 см. Данные размеры кристаллических граней уже технологически применимы, что открывает перспективу создания нового поколения аппаратуры для скоростного выращивания монокристаллов - с изолированной химически стерильной ростовой зоной.

Отдел №5

Проведены экспериментальные исследования резонансных характеристик объёмных акустических резонаторов. Показано, что при расчёте резонаторов, типа Гельмгольца, кроме радиационных потерь необходимо учитывать и вязкие. Предложена модель, адекватно описывающая процесс излучения резонатором Гельмгольца и соответствующая экспериментальным данным.

Отдел №5

Исследовано нестационарное изменение нелинейных свойств воды в зависимости от ее солёности. Показано, что при переходе от дистиллированной воды к воде со слабой солёностью (50-70 мг/л) параметр квадратичной нелинейности воды изменяется скачком. Для прецизионных измерений параметра квадратичной нелинейности жидкостей разработан метод, основанный на измерении уровня второй гармоники в фокальной области сфокусированного волнового фронта.

Отдел №5

Экспериментально обнаружено явление возникновения широкополосного шума в гранулированной среде при распространении в ней сейсмической волны. Этот шум по аналогии с шумом обтекания микрофона пульсирующим воздушным потоком назван «псевдошумом». Установлено, что уровень «псевдошума» определяется состоянием среды, не зависит от частоты зондирующего сигнала и жестко связан с его амплитудой, причем отношение сигнал/«псевдошум» практически не меняется с увеличением дистанции. Механизм возникновения «псевдошума» обусловлен взаимным трением гранулированных частиц и в основном определяется трением гранул о поверхность приемника. Смазка корпуса приемника машинным маслом уменьшает отношение сигнал/«псевдошум» на 5-10 дБ. Отношение амплитуды зондирующего сигнала к среднему уровню «псевдошума» определяет предельно возможный динамический диапазон в эксперименте.

Отдел №5

Показано, что при работе двигателей внутреннего сгорания возможно появление инфразвуковых составляющих в акустическом излучении. Выявлена природа возникновения субгармоник при работе наземного и речного транспорта.

Отдел №5

Разработан и создан комплект прецизионных широкополосных (0.001-10000 Гц) индукционных магнитометров. Уровень собственных шумов магнитометров существенно (на порядок) меньше уровня магнитного шумового фона во всем диапазоне частот. Чувствительность магнитометров находится на уровне лучших мировых аналогов, таких как магнитометры производства Metronix, Phoenix и др., что и позволяет проводить измерения полей с амплитудами много ниже (на 1 – 2 порядка) уровня естественного шумового фона Земли. Датчики были апробированы на полигоне НИРФИ - «Старая пустынь», Арзамасский район, географические координаты 55 66° с.ш. 43 63° в.д. в период проведения нагревной кампании на стенде СУРА по генерации низкочастотных волн ионосферным источником. Благодаря высокой чувствительности датчиков и удовлетворительному уровню антропогенных шумов удалось зарегистрировать слабый сигнал ($3.75 \cdot 10^{-3}$ pT) ионосферного источника на расстоянии от стенда около 180 км на частоте модуляции высокочастотного сигнала от СУРЫ 1980 Гц.

Отдел №6

Разработана методика использования магнитного локатора для определения направления на источники низкочастотных эмиссий, распространяющихся в точку приема ионосферным МГД-волноводом на примере анализа данных регистрации сильных спорадических излучений в диапазоне Pc-1 в двух пунктах на базе в 50 км (один пункт «Новая Жизнь», второй – мобильный). Показано, что для определения каналов распространения и направления на источник необходимо дополнительно организовать одновременную регистрацию

низкочастотных сигналов в третьем пункте, причем линии, соединяющие попарно пункты должны составлять разные углы с плоскостью магнитного меридиана. Было выполнено также исследование масштабов локальной ионосферы, определяющей спектры низкочастотного шума в точке регистрации при разnose пунктов на расстояния 50 и 500 км. Обнаружено различие в параметрах спектральных структур КНЧ шума при разnose в 500 км и полностью идентичные спектры шума при разnose в 50 км. Таким образом, оптимальными для заявленных целей являются расстояния 50-100 км. Выполненные исследования обосновывают правильность выбора приемных пунктов для создания магнитного локатора.

Отдел №6

Выполнено сравнение результатов моделирования и экспериментальных исследований спектральных структур фонового шума на среднеширотном пункте «Новая Жизнь» (Нижегородская область, 55.97° N 45.74° E). Для демонстрации диагностических возможностей метода регистрации спектральных структур в фоновом КНЧ шуме исследования были дополнены аналогичным анализом для высоких и низких широт. По результатам сравнения выявлены степень соответствия различных модельных профилей реально существующим. Моделирование спектральных структур фонового шума проводилось с использованием различных модельных профилей электронной концентрации: International Reference Ionosphere - IRI-2001, двух аналитических моделей, задающих разный характер спадания электронной концентрации на высотах выше максимума F-слоя и модели ионосферных параметров, построенной по измерениям радара некогерентного рассеяния в Свалбарде. Было обнаружено, что модель IRI-2001 не адекватно описывает характер спадания электронной концентрации на высотах выше максимума F-слоя на среднеширотном пункте «Новая Жизнь», в осеннее-весенние периоды и во все сезоны на низкоширотном (о. Крит 35.15° N., 25,20° E.), и высокоширотном (Баренцбург, 78.09 N, 14.12 E.) пунктах. Обнаружено, что параметр спектра фонового шума (отношение право-к левополяризованной компоненте шума), наиболее эффективен для анализа влияния особенностей профилей в нижней ионосфере на спектральные особенности шумовых КНЧ полей. Выполненные исследования обнаруживают большой потенциал метода диагностики, основанного на измерениях спектральных структур фонового шума в диапазоне 0.1-15 Гц и модельных расчетах этих спектральных особенностей.

Отдел №6

Проведено исследование устойчивости кусочно-гладких решений смешанных нелинейных задач для систем телеграфных уравнений. Рассматривается отрезок телеграфной линии, левый конец которой закорочен, а правый нагружен нелинейным сопротивлением (типичный пример- тунельный диод). Установлена устойчивость кусочно-гладкого решения задачи о токе и напряжении для для

этого отрезка относительно сингулярного и малого регулярного возмущения на правом конце.

Отдел №6

Проведено исследование устойчивости нерелятивистских квантовых систем, состоящих из большого числа частиц. Рассматривается квантовая система Z , состоящая из тождественных между собой частиц 2-х сортов: M короткодействующих между собой частиц некоторого сорта A и N частиц некоторого сорта B . Частицы типа B отталкиваются друг от друга и притягиваются к частицам типа A с одними и теми потенциалами вида $|r|^{-b}$, $0 < b < 2$, но с разными константами связи перед ними: $(-a) < 0$ и $d > 0$ для AB и BB взаимодействий соответственно. Установлено, что при условии $Ma > d(N-1)$ система Z устойчива.

Отдел №6

Рассмотрены возможности применения нелинейных рассеивателей – маркеров при проектировании систем, повышающих безопасность водного судоходства. Предложен способ использования судовой радиолокационной станции для осуществления нелинейного зондирования с целью обнаружения береговых знаков. Проведены натурные эксперименты по обнаружению нелинейных маркеров над водной слабо взволнованной поверхностью.

Отдел №6

Исследовано влияние земной и спокойной водной поверхности на рассеяние электромагнитных волн кольцевой рамкой с локальной нелинейной нагрузкой, расположенной в воздухе параллельно границе раздела. Проанализирована зависимость обратно рассеянного поля на гармониках зондирующего сигнала (ZC) от угла падения ZC , от высоты поднятия рассеивателя-маркера над границей, от места расположения точки наблюдения и от углового положения нелинейного элемента на рамке. Эти исследования могут быть использованы при разработке нелинейных маркеров для поисковых радиолокационных систем.

Отдел №6

Исследовано излучение свистовых волн дипольными источниками в замагниченной плазме при наличии возмущений внешнего магнитного поля. Показано, что области с увеличенным (уменьшенным) значением магнитного поля приводят к увеличению (уменьшению) эффективности излучения источников независимо от их ориентации по отношению к направлению магнитного поля.

Отдел №6

Получено строгое решение задачи о распределении тока узкой идеально проводящей полосковой антенны (возбуждаемой сторонней ЭДС), размещенной

в анизотропной среде. Построенное решение описывает распределение тока как вдоль, так и поперек поверхности антенны. Исследован входной импеданс такой полосковой антенны.

Отдел №6

Разработана и реализована в эксперименте методика одновременной регистрации сигналов, рассеянных естественными неоднородностями электронной концентрации D-области ионосферы на частоте 2,95 МГц (метод частичных отражений), и сигналов, рассеянных искусственными периодическими неоднородностями (ИПН), создаваемыми в нижней ионосфере (D- и E-области) при возмущении ее мощным радиоизлучением на частоте 4,7 МГц. В результате получено высотно-временное распределение электронной концентрации и интенсивность турбулентности на высотах D-области ионосферы (70-85 км), высотно-временные зависимости амплитуды и фазы сигнала, рассеянного ИПН, по которым определяются температура и плотность нейтральной атмосферы, а также профиль электронной концентрации на высотах 90–110 км, скорость вертикального движения плазмы на высотах 60–120 км, скорость турбулентных движений на высотах 85–105 км. Показано, что комбинация методов ЧО и ИПН позволяет охватить практически весь высотный интервал нижней ионосферы и получить взаимодополняющие друг друга результаты определения ионосферных и атмосферных параметров.

Отдел №8

Изучено влияние волновых движений в нижней ионосфере на образование спорадического слоя E (Es). По результатам эксперимента в сентябре 2007 г. по вариациям фазы сигнала, рассеянного ИПН, в диапазоне высот 50–120 км определены высотные профили вертикальной скорости плазмы. Выделено два интервала высот с наименьшим разбросом скорости: в D-области это высоты 60–80 км, в E-области – 95–110 км. В интервале высот 85–95 км вариации вертикальной скорости резко возрастают вследствие влияния турбулентности. Наблюдался квазипериодический с периодом 5–7 км характер изменения вертикальной скорости с высотой. Высотный градиент (сдвиг) вертикальной скорости на высотах 80–120 км составил $(1-8) \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$, что является достаточным для образования Es путем сгонки металлических ионов. Показано, что источником ветрового сдвига могли быть внутренние гравитационные волны с часовым периодом. Спорадический слой с максимальной концентрацией порядка 10^5 см^{-3} наблюдался на высоте 100 км, где имела место смена знака вертикальной скорости, что согласуется с теорией образования среднеширотного Es. По высотным изменениям времени релаксации рассеянного сигнала в период наблюдения Es сделана оценка массы преобладающих ионов в слое, которая близка к массе железа. При этом общая концентрация металлических ионов в слое могла составлять 40-60 % от величины концентрации электронов.

Отдел №8

Исследован механизм распространения в ионосферной плазме искусственных возмущений вниз от высоты отражения мощной волны. Эксперимент выполнен на стенде СУРА, возмущение ионосферы проводилось излучением обыкновенной компоненты мощной волны на частоте 4,3 (4,7) МГц с эффективной мощностью 80 МВт. Зондирование ионосферы осуществлялось пробными радиоволнами на частоте 2,95 МГц. Во время возмущения ионосферы наблюдалось явление искусственного F-рассеяния. Показано, что оно могло обеспечиваться возбуждением искусственных ионосферных неоднородностей с продольными относительно геомагнитного поля масштабом 400–500 м. Обнаружено, что при нагреве ионосферы мощной радиоволной O-поляризации, которая отражалась вблизи максимума F-области, искусственное возмущение плазмы распространялось значительно ниже, достигая высот 130–170 км, которые были на 40–100 км ниже высоты отражения мощной волны. Оценки эффективной скорости распространения плазменных возмущений вдоль силовых линий геомагнитного поля вниз от высоты отражения мощной волны показали, что она намного превосходит тепловую скорость ионов на указанных высотах и близка к тепловой скорости электронов, что исключает возможность распространения искусственных ионосферных неоднородностей на более низкие высоты за счет процесса амбиполярной диффузии, и необходимо привлекать иной механизм для объяснения генерации искусственных неоднородностей на высотах 130–170 км.

Отдел №8

Предложена схема организации КВ радиосвязи с использованием аппаратно-программных комплексов ЛЧМ-зондирования ионосферного канала. Показано, что для обеспечения эффективного функционирования радиоэлектронных систем наземного и воздушного базирования на территории России, значительная часть которой находится в высокоширотных районах со сложными условиями распространения радиоволн, необходимо разместить 10-13 ЛЧМ комплексов наклонного зондирования и 3-4 ретрансляционных центра для оперативной оценки характеристик ионосферного канала и динамического управления частотным ресурсом радиолиний.

Отдел №8

Разработана и апробирована методика комплексной диагностики пространственной структуры поля скоростей и параметров ионосферной плазмы, возмущенной мощным радиоизлучением. Исследования выполнены на приемо-передающем комплексе стенда СУРА с использованием специальных режимов воздействия на ионосферную плазму, синхронизации работы аппаратного комплекса, разнесенного широкополосного приема сигналов импульсного зондирования на приемник с большим динамическим диапазоном, спектрального и корреляционного анализа данных и решения обратной задачи фазового зондирования ионосферы. Получены данные о вариациях вертикальных и горизонтальных скоростей плазмы на различных высотах

ионосферы с высоким временным (до 20 мс) и частотным (~1 кГц) разрешением, а также о величине декрементов затухания плазменных волн в области турбулентности.

Отдел №8

С использованием радара стенда СУРА в 2006 году на частоте 9,02 МГц при вертикальном зондировании были обнаружены сигналы обратного рассеяния радиоволн от мелкомасштабных неоднородностей, расположенных на высотах от 200 до 400 км. Летом 2009 года были проведены 4 цикла повторных измерений. Показано, что в 10% случаев наблюдались радарные сигналы, рассеянные в области высот 300–500 км. Обнаружено заметное изменение интенсивности радарных сигналов при модификации ионосферы мощными радиоволнами.

Отдел №8

Исследованы особенности тонкой структуры «кавитонного» сигнала (КС), рассеянного искусственно возмущенной ионосферой при зондировании ее короткими пробными радиоимпульсами. Обнаружена зависимость формы максимумов амплитуды КС от мощности возмущающего передатчика. При эффективной мощности возмущающего передатчика $P = 7$ МВт наблюдалось расширение максимумов КС при перемещении их на меньшие высоты, а при мощности $P = 60$ МВт на меньших высотах происходило дробление КС на более мелкие максимумы. Полученные результаты свидетельствуют о солитонной структуре КС с преобладанием дисперсионных свойств солитонов при меньших и появлением эффектов нелинейности при больших мощностях возмущающего передатчика.

Отдел №8

В марте и сентябре 2009 г. на стенде Сура выполнены эксперименты по зондированию возмущенной области ионосферы сигналами навигационных спутников систем GPS/GLONASS. Установлено, что в дневных условиях проведения измерений видимые вариации ПЭС наблюдались только при полной мощности излучения волны накачки 80 МВт, были сосредоточены в области магнитного зенита, и их величина не превышала 0.07 TECU (что в 5 раз меньше, чем в аналогичных измерениях в поздние вечерние часы).

Отдел №8

При нагреве нижней (D-область) ионосферы мощным радиоизлучением стенда Сура, излучавшим волны Х-поляризации на частоте 4300 кГц с эффективной мощностью 80 МВт, обнаружено уменьшение в среднем на 10% интенсивности микроволнового излучения в линии атмосферного озона на частоте 110836.04 МГц. Измерения проводились в полуденные часы 14-17 марта 2009 г. Предполагается, что уменьшение является результатом ионизации молекул

мезосферного озона в поле мощной радиоволны. Оценка вертикального профиля озона показала, что искусственное воздействие на D слой мощного радиоизлучения приводит к уменьшению содержания мезосферного озона (высота 60 км) в среднем на 17%. При снятии воздействия содержание озона восстанавливается. Для сравнения амплитуда суточных колебаний содержания мезосферного озона на высоте 60 км, которые связаны с восходом и заходом Солнца, составила величину около 40%.

Отдел №8

По результатам выполненных в 2007–2009 гг. экспериментов на нагревном стенде EISCAT (г. Тромсё, Сев. Норвегия) с помощью бортовой аппаратуры французского микро ИСЗ DEMETER изучено распределение интенсивности электрического поля КНЧ радиоволн, генерируемых в результате демодуляции в нижней ионосфере, промодулированной по амплитуде мощной радиоволной. Показано, что распространение во внешнюю ионосферу КНЧ волн определяется направлением геомагнитного поля, а сами сигналы на высоте ~ 700 км регистрировались на протяжении ~ 300 км, что намного превышает размеры области их генерации, определяемой засвеченной пучком мощных радиоволн области нижней ионосферы (~ 30 км).

Отдел №8

Теоретически исследованы динамические изменения внутренней структуры формирующегося небесного тела пояса Койпера, обусловленные фазовыми переходами ледяной компоненты H_2O вещества тела, в зависимости от параметров: времени формирования θ и интенсивности W радиогенных источников тепла. Определены значения этих параметров, при которых возможно образование сферически симметричных областей тела, заполненных жидкой водой (полная дифференциация), смесью жидкой воды и льда (частичная дифференциация) и льдом (отсутствие дифференциации).

Дирекция

Разработаны опытные образцы следующих видов оборудования:

Установка УМС-1УТ термовзвукowej микросварки сварки Au проволоки внахлест диаметром 20-40 мкм с использованием пьезокерамического ультразвукового преобразователя.

Применение пьезокерамического ультразвукового преобразователя позволило сваривать микродетали на меньших значениях мощности за счет увеличения амплитуды колебания сварочного инструмента, что позволило увеличить выход годных на 5%.

Установка УМС-3К микроконтактной сварка расщепленным электродом.

В установке внедрена новая технология сварки микродеталей, в частности время сварочного импульса составляет 300-700 микросекунд, по сравнению с

обычными режимами, где время сварки составляло 20-60 миллисекунд. В результате расширились технологические возможности установки – в два раза увеличилась толщина свариваемых деталей, в пять раз повысилась стойкость сварочного электрода, а также повысилась производительность на 25%.

Источник тока сварки пайки ИТСП-2 с комплектом термокарандашей.

Блок ИТСП-2 предназначен для присоединения проволочных и плоских проводников из Au;Ag;Cu методом сварки и пайки с помощью термокарандашей к элементам плёночных и гибридных микросхем.

Встроенная система контроля информирует о прохождении сварочного импульса и измеряет импеданс выходной цепи. На жидкокристаллическом экране прибора после прохождения сварочного импульса высвечивается импеданс выходного тракта, который состоит: из импеданса выходного усилителя; сопротивления проводов соединяющих трансформаторный выход усилителя с инструментом и сопротивление самого инструмента, а также сопротивления зоны сварки. Импеданс сварочного тракта может варьироваться в пределах 40-150 мОм. При отлаженной технологии импеданс не должен меняться более, чем на 5% от сварки к сварки. В случае, если импеданс превышает нормальные значения, следует проверить контакты подводящих проводов, крепления инструмента, отсутствия подгорания сварочного инструмента. Измерение импеданса позволяет оперативно выявлять неисправности источника тока сварки пайки, тем самым способствует обеспечению образования качественного сварного соединения.

Отдел №11

**Результаты,
полученные в 2010 году**

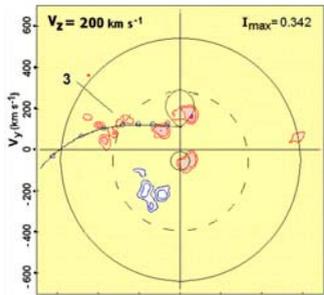
**Результаты,
рекомендованные Ученым советом
в годичный отчет РАН**

Впервые, благодаря реализации трехмерного (3D) варианта доплеровской томографии, получена информация о движениях газовых потоков в двойных звездных системах в направлениях, отличных от орбитальной плоскости. Обнаружено принципиальное различие Алголей U Северной короны (U CrB) и RS Лисички (RS Vul), которое проявляется в поведении течений газовых потоков от звезды-донора к аккретору. В то время как в системе U CrB газовый поток движется по ожидаемой баллистической траектории в плоскости орбиты, в системе RS Vul движение потока происходит с наклоном относительно нее, что может объясняться присутствием магнитного поля. Обнаруженный эффект подтверждает существование больших корональных петель в системах типа Алголь и возможность магнитного взаимодействия между звездами, первые свидетельства которого были получены недавно для Алголя Beta Per при наблюдениях на частоте 15 ГГц с использованием VLBI.*

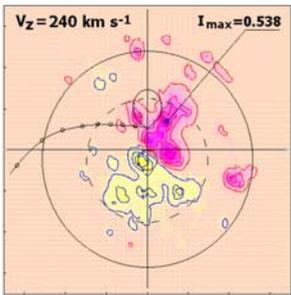
*М. И. Агафонов, О. И. Шарова (ФГНУ НИРФИ)
M. N. Richards (Pennsylvania State University, США)*

Опубликован цикл статей [1-3] по результатам впервые реализованного трехмерного (3D) варианта доплеровской томографии. Получена информация о движениях газовых потоков в двойных звездных системах типа Алголь в направлениях, отличных от орбитальной плоскости. Реконструкция томограмм проведена в трехмерном пространстве скоростей (V_x, V_y, V_z) по одномерным спектральным профилям в линии H-alpha, записанным при вращении систем. Использован разработанный радиоастрономический подход к решению задач малоракурсной томографии [4]. В системах U Северной короны (U CrB) и RS Лисички (RS Vul) обнаружены структурные особенности, имеющие компоненты скорости V_z в направлении, перпендикулярном орбитальной плоскости. Найденные движения вещества идентифицированы как результат взаимодействия протекающего от звезды-донора газового потока со звездой-аккретором в U CrB, а также с веществом аккреционного диска и гало аккретора. Получены свидетельства наклона положения диска в системе U CrB, а также наличия корональных выбросов у звезды-донора в системе RS Vul, имеющих V_z -компоненты скорости.

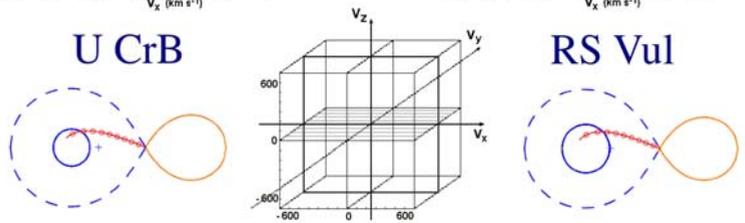
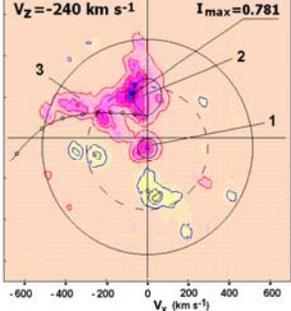
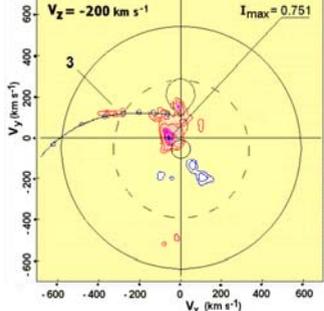
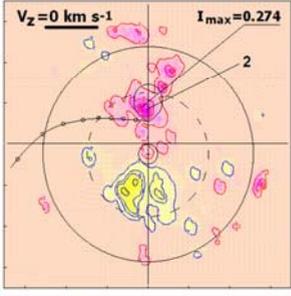
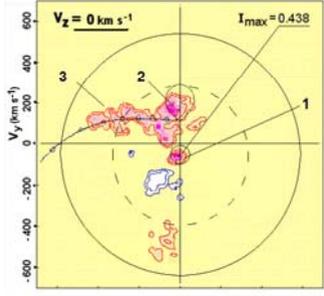
* Результат направлен также в Научный совет РАН по астрономии



Streamlike state of U CrB 1994



RS Vulpeculae



Сечения (V_x, V_y) трехмерных доплеровских томограмм Алголей U CrB и RS Vul в линии H-alpha для трех значений скорости по оси V_z .

Куб иллюстрирует их положение в пространстве скоростей. Разрешение томограмм составляет $30 \times 30 \times 105$ км/с по осям V_x, V_y, V_z соответственно. Коррекция на различия в разрешении не вводилась. Эмиссия структурных особенностей обозначена цифрами: 1 – аккретор; 2 – донор; 3 – поток от донора к аккретору. В нижней части рисунка изображены Картезианские модели обеих систем.

Обнаружено принципиальное различие Алголей U Северной короны (U CrB) и RS Лисички (RS Vul), которое в наибольшей степени проявляется в поведении течений газовых потоков от звезды-донора к аккретору. В системе U CrB V_z -компонента скорости течения потока равна нулю, что означает соответствие траектории направлению орбитальной плоскости. В системе RS Vul, напротив, преобладают движения с наклоном относительно направления орбитальной плоскости. Газовый поток, порожденный выброшенным звездой-донором корональным веществом, имеет V_z -компоненту скорости, следовательно, его движение к аккретору происходит под углом относительно плоскости орбиты. Вероятной причиной отклонения траектории газового потока является наличие магнитного поля, что согласуется с фактами обнаружения в системе RS Vul излучения звезды-донора в рентгеновском и радио диапазонах. Обнаруженное в RS Vul явление указывает на присутствие корональных петель во взаимодействующих двойных системах и получено на основе томографии впервые. Оно аналогично эффекту, найденному недавно при наблюдениях с высоким разрешением в радиодиапазоне на частоте 15 ГГц в Алголе Beta Per [5]. С использованием интерферометра VLBI в системе Beta Per обнаружены корональные выбросы вещества, вовлеченные в структуру магнитных петель звезды-донора. Значительные размеры и устойчивый характер петель, обладающих асимметрией и ориентированных в направлении аккретора, свидетельствуют о магнитном взаимодействии между двумя звездами системы. Система Beta Per представляет собой наиболее известный прототип звезд типа Алголь. Найденные в ней эффекты могут иметь место и в других сходных объектах, что и подтверждается на примере системы RS Vul, благодаря реализации 3D-варианта доплеровской томографии.

Основные публикации:

1. *Agafonov M.I., Richards M.T., Sharova O.I. Three-dimensional Doppler Tomogram of Gas Flows in the Algol-type Binary U Coronae Borealis. Astrophysical Journal. 2006, v.652, No.2, part 1, pp.1547-1553.*
2. *Agafonov M.I., Sharova O.I., Richards M.T. Three-Dimensional Doppler Images of the Disklike and Streamlike States of U Coronae Borealis. Astrophysical Journal. 2009, v.690, No.2, pp. 1730-1744.*
3. *Richards M.T., Sharova O.I., Agafonov. M.I. Three-Dimensional Doppler Tomography of the RS Vulpeculae Interacting Binary. Astrophysical Journal. 2010, v.720, 2, p. 996-1007.*
4. *Агафонов М.И., Шарова О.И. Томография при ограниченном числе проекций. II. Радиоастрономический метод CLEAN в приложении к трехмерным задачам. Изв. вузов. Радиофизика. 2005. Т48, №5. С.367-381.*
5. *Peterson W.M., Mutel R.L., Gudel M., Goss W.M. A large coronal loop in the Algol system. Nature. 2010, v.463, p.207-212.*

Для "ледяных" тел Пояса Койпера методами математического моделирования определено предельное содержание радионуклидов в аккреционном материале, обеспечивающее возможность существования тел в настоящее время и возможность образования в их недрах жидкого ядра H_2O . *

О. Б. Шуко (ФГНУ НИРФИ), **С. Д. Шуко** (НГТУ),

D. V. Kartashov (Technische Universität Wien (TUW) Institut für Photonik, Wien, Österreich),

R. Orosei (Istituto di Fisica dello Spazio Interplanetario, Rome, Italy)

Исследуется процесс формирования вещества объектов Пояса Койпера и эволюция его структуры в зависимости от интенсивности радиогенных источников нагрева. При этом предполагается, что строительным материалом для формирующихся КВО являлось твердое пылевое вещество периферийных областей протосолнечной туманности и аморфный лед H_2O .

В результате аккреции создавалось сферически симметричное небесное тело, внутренняя структура которого определялась составом и свойствами аккреционного вещества, а эволюция этой структуры – протекающими в веществе небесного тела тепловыми процессами.

Источниками радиогенного тепла во все время существования КВО были радионуклиды ^{26}Al , ^{40}K , ^{232}Th , ^{235}U и ^{238}U , содержащиеся в частицах твердого пылевого вещества.

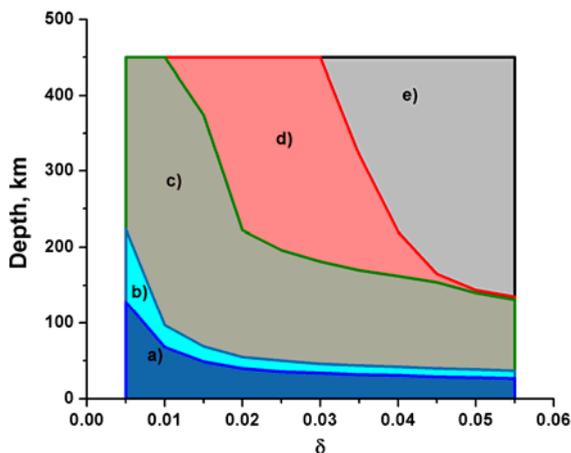
Определен интервал значений концентрации радионуклидов в аккреционном материале, при которых в веществе небесного тела возможно образование областей, полностью или частично заполненных H_2O в различных фазовых состояниях.

Исследовано влияние концентрации радионуклидов и скорости аккреционного процесса на динамику фазовых переходов H_2O в веществе небесного тела.

Определены динамически изменяющиеся границы областей, в которых H_2O существует в настоящее время в различных фазовых состояниях.

На рисунке приведены глубинные распределения границ областей с различной структурой в настоящее время в зависимости от начальной концентрации (параметр δ) радионуклидов в веществе КВО (20000) Varuna: аморфный лед – (а), кристаллический лед кубической сингонии – (б), кристаллический лед гексагональной сингонии – (с), смесь льда и воды – (д), жидкая вода со взвешенными в ней пылевыми частицами – (е).

* Результат направлен также в Научный совет РАН по астрономии



Основные публикации:

1. Shchuko O.B., Shchuko S.D., Savinov S.Yu., Kartashov D.V., Orosei R. Kuiper belt objects: formation, thermal evolution and radioactive nuclides // European Geophysical Union (EGU) General Assembly 2008, Vienna, Austria, 13-28 April 2008:
2. Shchuko O.B., Shchuko S.D., Savinov S.Yu., Kartashov D.V., Orosei R. Radionuclides impact on KBO thermal evolution // 37th COSPAR Scientific Assembly, Montreal, Canada, 20-26 July 2008:
- 3 Shchuko O.B., Shchuko S.D., Kartashov D.V., Orosei R. Evolution scenarios and present structure of Kuiper belt objects at different initial concentration of radiogenic heating sources // European Geophysical Union General Assembly 2008, Vienna, Austria, 13-18 April 2009:
4. Shchuko O.B., Shchuko S.D., Savinov S.Yu., Kartashov D.V., Orosei R. Kuiper belt objects: Influence of radionuclides on the internal structure formation // European Planetary Science Congress (EPSC) 2009, Potsdam, Germany, 13-18 September 2009:
- 5 Shchuko O.B., Shchuko S.D., Kartashov D.V., Orosei R. Kuiper belt objects: radionuclide impact on internal structure dynamics // European Geophysical Union (EGU) General Assembly 2010, Vienna, Austria, 2-7 May 2010:
6. Shchuko O.B., Shchuko S.D., Kartashov D.V., Orosei R. The impact of accretion material composition and properties on interior structure dynamics of Kuiper belt objects // 38th COSPAR Scientific Assembly, Bremen, Germany, 18-25 July 2010.
- 7 Shchuko O.B., Shchuko S.D., Kartashov D.V., Orosei R. Influence of radionuclide abundance on the dynamics of the internal structure of Kuiper-belt objects // European Planetary Science Congress 2010, Rome, Largo Angelicum, Italy, 20-24 September 2010.

Впервые в микроволновом диапазоне обнаружен эффект монотонного уменьшения длины и высоты системы вспышечных петель, а также расстояния между их основаниями, в ходе начальной фазы двухленточной вспышки. Этот эффект не был предсказан так называемой стандартной моделью вспышки.*

В. Э. Резникова (ФГНУ НИРФИ, Nobeyama Radio Observatory, Япония)

В. Ф. Мельников (ГАО РАН, ФГНУ НИРФИ)

Н. Ji (Purple Mountain Observatory, Nanjing, China),

К. Shibasaki (Nobeyama Radio Observatory, Япония)

Большие двухленточные вспышки являются сложным явлением, часто сопровождающимся эрупцией протуберанцев и корональными выбросами массы. Базовой моделью для таких вспышек является так называемая «стандартная модель CSHKP». В этой модели вспышка происходит в корональной аркаде, содержащей волокно (протуберанец), предположительно из-за начала магнитного пересоединения в области под аркадой. Быстрый выброс волокна в начале вспышки приводит к вытягиванию вверх силовых линий магнитного поля аркады и образованию вертикального токового слоя. В этом токовом слое происходит ускорение частиц и образование вспышечных петель из-за пересоединения силовых линий. Стандартная модель предсказывает такие морфологические свойства, как увеличение расстояния между основаниями аркады петель (вспышечными лентами) и рост высоты и размеров системы вспышечных петель.

Недавно в рентгеновском излучении было обнаружено новое явление, заключающееся в уменьшении размеров вспышечных петель на фазе роста вспышки. Это явление совершенно неожиданно, оно не предсказывается стандартной моделью. Микроволновые наблюдения с высоким пространственным разрешением являются исключительно полезными для измерения динамики длины и высоты вспышечной петли, расстояния между ее основаниями и ориентации в пространстве. Одновременные наблюдения в жестком рентгеновском диапазоне предоставляют дополнительные возможности для исследования явления динамического сокращения размеров вспышечных петель.

В данной работе мы использовали возможность для такого исследования, появившуюся в результате проведения одновременных наблюдений эруптивной двухленточной вспышки 22 августа 2005 года на двух инструментах с высоким пространственным разрешением – микроволновых на Радиогелиографе Нобейама и рентгеновских на RHESSI. Для анализа использовались также магнитограммы SOHO/MDI, наблюдения в линии

* Результат направлен также в Научные советы РАН по астрономии и физике солнечно-земных связей

H_α на телескопе SMART обсерватории Hida и в EUV-диапазоне на инструментах SOHO/EIT и TRACE. Рассматривалась эволюция размеров, положения оснований и ориентации системы микроволновых петель, возникающих в ходе развития длительного (более часа) радиовсплеска, состоящего из шести 6 мощных пиков.

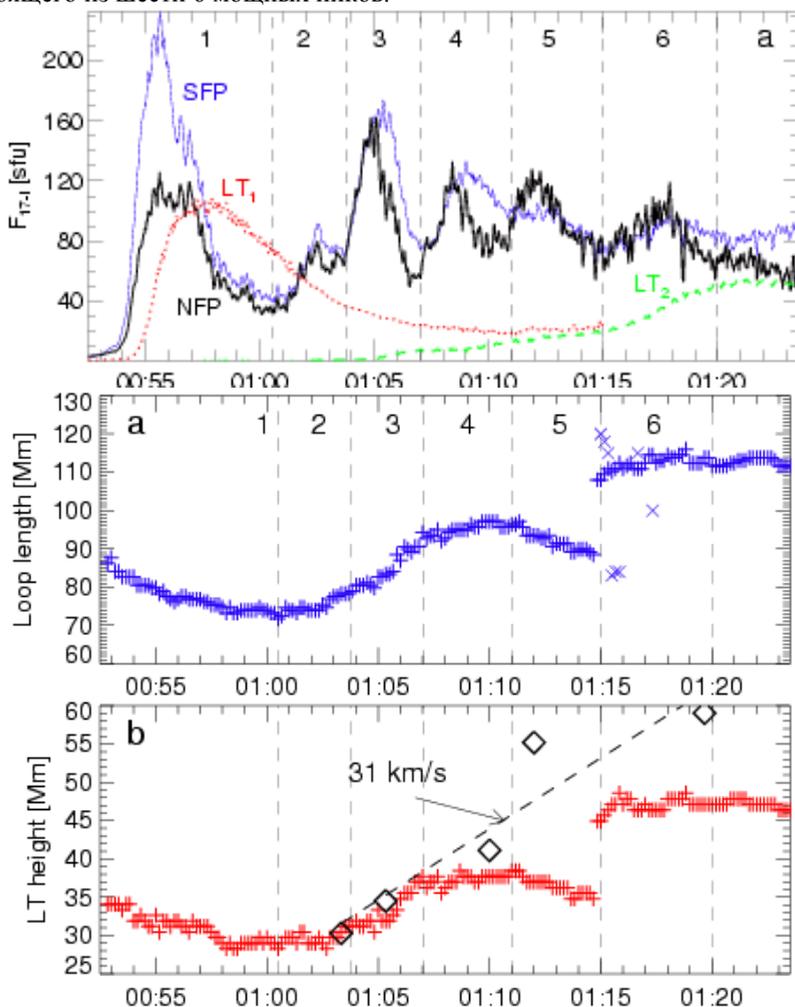


Рисунок 1 – Временные профили 1) интенсивности микроволнового излучения из вершины (ДЛТ), северного (NFP) и южного (SFP) оснований вспыхивающей петли (верхняя панель); 2) длины (а) и высоты петли (б). В течение первого пика интенсивности отчетливо видно, что длина и высота петли сокращаются.

Установлено: 1) длина и высота микроволновой петли сокращаются (со скоростью ~ 16 км/с) на фазе роста первого пика излучения, а затем увеличиваются (со скоростью ~ 21 км/с); 2) основания видимой яркой микроволновой вспышечной петли последовательно смещаются вдоль нейтральной линии (NL) фотосферного магнитного поля в течение всей вспышки, свидетельствуя о том, что энергосвыделение и ускорение электронов происходит в разных петлях последовательно вдоль протяженной аркады; 3) широчайший угол видимой петли и расстояние между основаниями, параллельное нейтральной линии, монотонно уменьшается в течение вспышки, свидетельствуя об уменьшении непотенциальности (релаксации шира) магнитного поля в области вспышки.

Объяснение первой фазы (сжатие петли) и второй (расширение), основанное на идее взлетающего магнитного жгута, рассмотрено в работе Ji et al. (Ji, H., Wang, H., Liu, C., & Dennis, B. R. 2008, *ApJ*, 680, 734). Авторы предполагают, что магнитные силовые линии в предвспышечной аркаде распределены так, что магнитное поле вблизи нейтральной линии фотосферного поля имеет сильный шир, а вдали – слабый. Вспышка начинается с магнитного пересоединения в середине сигмоида. Это пересоединение формирует длинную нестабильную скрученную петлю (магнитный жгут), которая находится в неравновесном состоянии и движется вверх. По мере подъема, она сначала взаимодействует с силовыми линиями с большим широм, а затем с меньшим широм. Освобождение магнитной энергии уменьшает шир, а аркада с меньшим широм имеет меньший размер. Дальнейший подъем магнитного жгута вытягивает силовые линии вверх и формирует вертикальный токовый слой. Таким образом, на второй фазе вспышки реализуется сценарий стандартной модели.

Это явление совершенно неожиданно, оно не предсказывается стандартной моделью. Его подробное исследование может дать мощный импульс к более глубокому пониманию вспышечного процесса и созданию более совершенной модели вспышки.

Основные публикации:

1. Reznikova V.E., Melnikov V.F., Ji H., Shibasaki K. Dynamics of the flaring loop system of 2005 August 22 observed in microwaves and hard x-rays. – *Astrophysical J.* 2010, V.724, PP.171-181.
2. Резникова В. Э., Мельников В. Ф. Динамика системы микроволновых вспышечных петель в двухленточной вспышке. – «Солнечная и солнечно-земная физика 2010». Всероссийская ежегодная конференция по физике Солнца (3-9 октября 2010г., ГАО РАН, Санкт-Петербург). Тезисы докладов, С.79.
3. Reznikova V.E., Melnikov V.F., Ji H., Shibasaki K. Topology dynamics of the flaring loop 2005 august 22 observed in microwaves and hard x-rays. – In: *Book of Abstracts. 38th COSPAR Scientific Assembly 2010 (18-25 July 2010, Bremen, Germany)*.
4. Reznikova V.E., Melnikov V.F., Ji H., Shibasaki K. Dynamics of the flaring loop system. – *CESRA-2010 (14-19 June, 2010)*
5. Резникова В.Э., Мельников В.Ф., Ji H. Пространственная динамика оснований вспышечной петли. – Труды Всероссийской конференции «Год астрономии: Солнечная и солнечно-земная физика – 2009», Санкт-Петербург, Пулковое, 5 – 11 июля 2009г., с. 377-378.

Обнаружены (по спектральным радиометрическим исследованиям на частотах 140, 95, 37, 20.75 и 22.23 ГГц) области существенного отклонения спектра микроволнового излучения «ясной» (безоблачной) атмосферы от его стационарных значений для водяного пара с временным масштабом ~ от 4 до 80 минут.

Эффект может быть объяснен наличием в атмосфере субмикронных водяных кластеров размером ~ 0,5 мкм с интегральной водностью до 0,15 кг/м², т.е. близкой к водности обычных жидкокапельных облаков с размером капель ~ 8 мкм.*

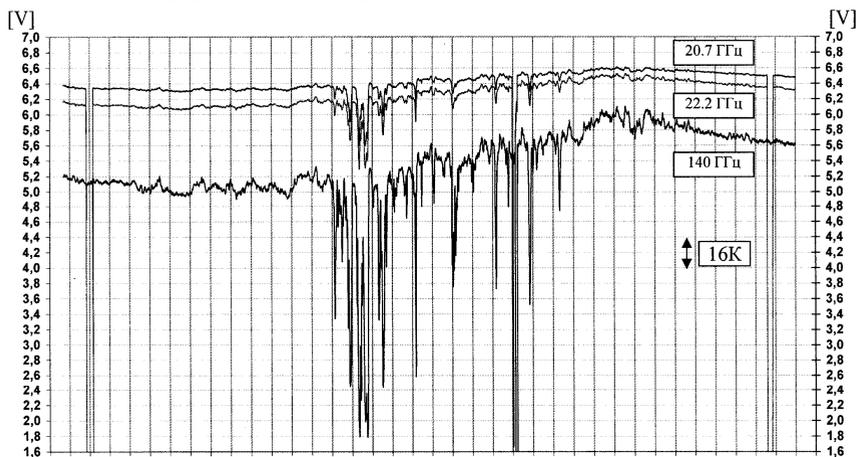
А. В. Троицкий, А. В. Востоков

Водяной пар в атмосфере обычно находится в нестационарном состоянии, совершая фазовые переходы в жидкое (капли воды) и твёрдое (кристаллы льда) состояния и обратно. Водная и ледяная фракции образуют хорошо видимые объекты облака. Микроволновый спектр ясной (безоблачной) атмосферы, в основном, определяется водяным паром (за исключением областей поглощения молекулярным кислородом). При известных (измеренных независимо радиометрическим методом) значениях содержания водяного пара микроволновый спектр определяется из теории молекулярного поглощения атмосферными газами. При наличии жидкокапельных облаков, размер капель которых ~ 8 мкм, спектр излучения ясной атмосферы существенно трансформируется из-за сильного поглощения в водяных каплях. Причём, в силу малости размеров капель по сравнению с длиной волны излучения (Приближение Релея), поглощение не зависит от размера капель, а зависит от водности (линейно) и частоты (квадратично при положительных температурах). Спектр микроволнового излучения облачной атмосферы также хорошо описывается теорией поглощения.

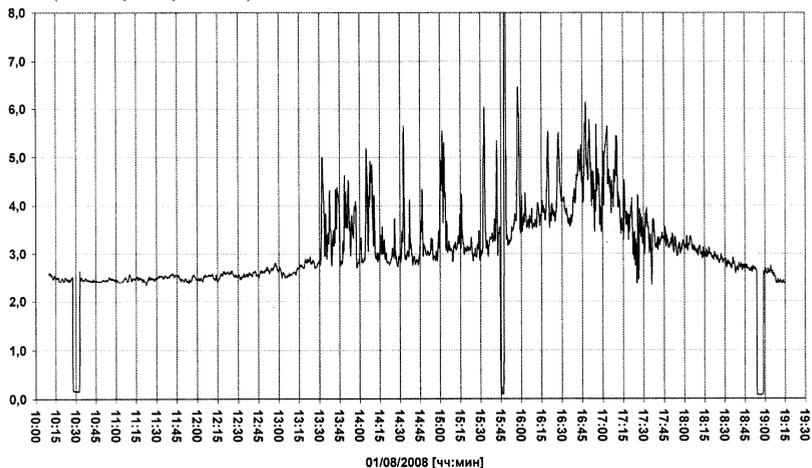
Выполненные синхронные радиометрические измерения спектра излучения ясной (безоблачной) атмосферы в микроволновом диапазоне на частотах 140, 95, 37, 20.75 и 22.23 ГГц обнаружили области существенного отклонения спектра излучения ясной атмосферы, определяемых, в основном, водяным паром. Форма и величина спектра в указанных областях соответствовали области облачной атмосферы, хотя в оптике никаких облаков на трассе приёма излучения не наблюдалось. Этот экспериментальный факт интерпретируется как наличие в «ясной» атмосфере невидимых «облаков» субмикронных водных кластеров с размерами капель ~ 0,5 мкм и с водностью близкой к водности обычных жидкокапельных облаков (размер капель ~ 8 мкм). В видимом свете кластерные «облака», в отличие от капельных, не идентифицируются, т.к. рассеяние на водных кластерах носит резонансный

* Результат направлен также в Научный совет РАН по распространению радиоволн

характер с максимумом в голубой области спектра, т.е. цвет кластерных «облаков» - голубой, как цвет ясной атмосферы. Наиболее часто кластерные «облака» наблюдаются в «ясной» атмосфере после прохождения зон фронтальной облачности, мощных конвективных облачных ячеек, при наличии в атмосфере волновых процессов.



$K = dT_{\text{Я}}(140 \text{ ГГц}) / dT_{\text{Я}}(22.2 \text{ ГГц})$



Основные публикации:

1. Горчаков Г.И., Петров А.К., Исаков А.А., Кадыгров Е.Н., Карпов А.В., Козлов А.С., Копейкин В.М., Курбатов Г.А., Малышкин С.Б., Миллер Е.А., Троицкий А.В. Влияние солнечного затмения на процессы в пограничном слое атмосферы // *Оптика атмосферы и океана. Издательство Сибирского отделения РАН. 2010. Т. 23. №5. С. 341-346.*
2. Троицкий А.В., Миллер Е.А. // *Труды конференции «Атмосферная радиация и динамика». С – Петербург, 2009г.*

Найдены условия устойчивости квантовых систем, состоящих из двух типов тождественных между собой частиц: с короткодействующими и длиннодействующими потенциалами взаимодействия.

Г. М. Жислин (ФГНУ НИРФИ)

**Результаты,
направленные в Научный совет
по астрономии
при отделении Физических наук РАН
2. Солнце**

Показана возможность определения времени отрыва корональных выбросов массы по радиоданным с точностью до 1 минуты (по наличию широкополосных импульсных предвестников корональных выбросов массы на основе анализа событий 1998 года).*

О. А. Шейнер, В. М. Фридман

Как известно, коронограф LASCO – это набор трёх коронографов-телескопов, размещённых на космическом аппарате SOHO: C1, C2 и C3. Каждый из них регистрирует корональные выбросы массы на различных расстояниях от поверхности Солнца: C1 – от 1,1 до 3 радиусов Солнца R_{\odot} , C2 – от 1,5 R_{\odot} до 6 R_{odot} , C3 – от 3,5 R_{\odot} до 30 R_{\odot} .

Поскольку наблюдения на коронографе LASCO/C1 наиболее близки по высоте к наблюдениям в микроволновом диапазоне (высоты 1,01–1,07 R_{\odot}), то естественно проследить связь регистрируемых событий в радиодиапазоне и на LASCO/C1.

Наблюдения на коронографе C1 закончились в июне 1998 года из-за поломки телескопа, поэтому сопоставление проводилось для января – июня 1998 года. Удалось проследить развитие корональных выбросов массы в 18 случаях совпадения периодов наблюдений на коронографах C1, C2 и в радиодиапазоне. В абсолютном большинстве случаев (в 15 из 18) время возникновения микроволновых предвестников опережает или совпадает со временем регистрации коронального выброса массы на C1. При этом приводимое в каталоге KBM расчётное время отрыва указанных корональных выбросов массы от поверхности Солнца с использованием данных коронографа C2 практически совпадает с временем начала импульсных широкополосных микроволновых предвестников, подобных по временному профилю.

Результат сопоставления расчетного момента времени отрыва выброса от поверхности Солнца, указанного в Каталоге и отмеченного на Рис.1б стрелкой, с экспериментальным временем возникновения радиопредвестников приведен на Рис.1а.

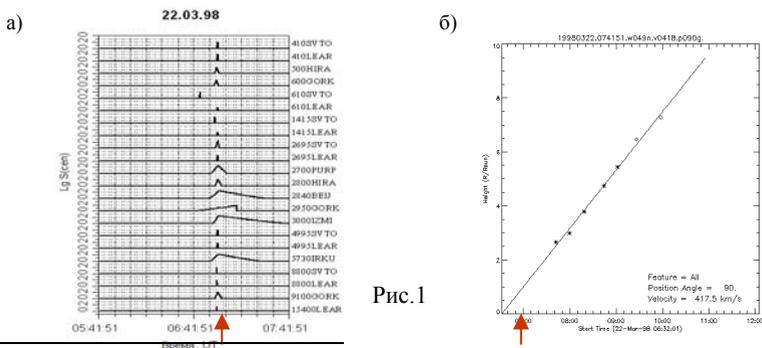


Рис.1

* Результат направлен также в Научный совет РАН по физике солнечно-земных связей

В то же время имеется один случай (событие 05-06.05.1998), когда, наряду с указанными предвестниками, примерно за 30 минут до расчётного времени отрыва коронального выброса массы наблюдалась совокупность более коротких импульсных широкополосных всплесков меньшей интенсивности. Это излучение также является предвестником и либо связано с формированием данного коронального выброса массы, либо может характеризовать отрыв другого, более раннего коронального выброса массы, не зарегистрированного на коронографе C2 (Рис.2).

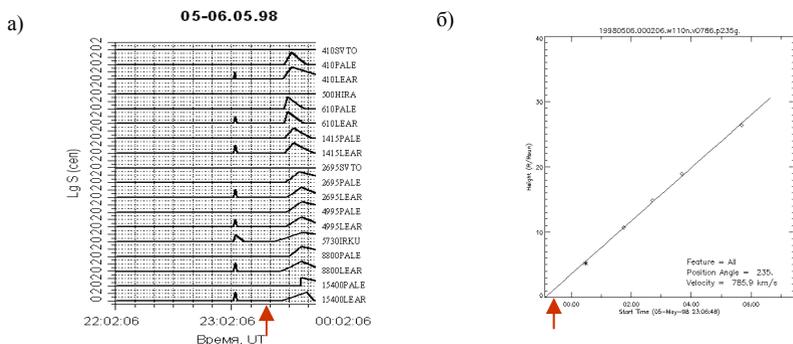


Рис.2.

Дополнительно проведено сопоставление указанных событий с динамикой интенсивности рентгеновского излучения. С точностью до временного разрешения данных установлено, что никаких изменений в уровне рентгеновского излучения не наблюдается в двух случаях, а в 7 случаях небольшое повышение уровня рентгеновского излучения по времени совпадает с возникновением микроволновых предвестников, предшествующих регистрации корональных выбросов массы на LASCO/C1.

Для более подробного анализа соотношения времён предполагаемого отрыва корональных выбросов и появления микроволновых предвестников проведено сопоставление для всех остальных изолированных корональных выбросов массы за 1998 год. Установлено, что расчётное время отрыва (с точностью до 1 минуты) совпадает с появлением широкополосных импульсных предвестников ещё для 13 событий.

Такое определение является потенциально более точным, поскольку отражает процессы, происходящие на высотах отрыва корональных выбросов масс, тогда как расчетное время, приводимое в Каталогах, для большинства событий определяется с помощью линейной или квадратичной аппроксимаций данных коронографов LASCO/C2 и LASCO/C3 на больших расстояниях от поверхности Солнца.

Основные публикации:

1. Шейнер О.А., Фридман В.М. Явления в микроволновом солнечном излучении, наблюдаемые во время образования и начального распространения корональных выбросов массы // Изв. Вузов. Радиофизика. 2010. Т. 53, №5-6. С. 311-328.
2. Шейнер О.А., Фридман В.М. О времени отрыва корональных выбросов масс по характеристикам импульсных предвестников, наблюдаемых в солнечном микроволновом излучении // Труды XVI научной конференции по радиофизике. 2010. ННГУ – Нижний Новгород. С. 81-82.

На уникальном солнечном спектромагнитографе, позволяющем получать с высоким пространственным и спектральным разрешением полный вектор Стокса по всему контуру спектральной линии одновременно в двух магнитоактивных линиях, совместно с ИЗМИРАН проведены измерения магнитных полей и лучевых скоростей в окрестности солнечных пятен. Результаты измерений показали, что проявления кроссовер-эффекта являются типичными, а не аномальными даже в относительно спокойных активных областях [1]. Ранее кроссовер-эффект наблюдался в магнитных звездах и при наблюдениях магнитных полей на Солнце считался проявлением крайне редкого сочетания характерных неоднородностей лучевых скоростей и магнитных полей.*

И. Е. Кожеватов (ФГНУ НИРФИ), Е. А. Руденчик (ИЗМИРАН).

Кроссовер-эффект впервые наблюдался Бэбкокком в магнитных звездах и относится к специфической картине зеемановского расщепления, наблюдавшейся, когда суммарная полярность магнитного поля переменной звезды меняет знак на противоположный. Объяснение состоит в том, что два противоположно направленных соседних магнитных поля наблюдаются без достаточного пространственного разрешения, так что относительное доплеровское смещение в этих областях близкое по величине к зеемановскому расщеплению создает зеемановскую картину с наблюдаемыми аномальными поляризациями.

Считается, что на Солнце этот эффект чрезвычайно редок.

Летом 2010 года сотрудниками ФГНУ НИРФИ и ИЗМИРАН были проведены первые измерения магнитных полей и лучевых скоростей на новом спектромагнитографе, установленном на солнечном башенном телескопе ИЗМИРАН. Уникальная особенность нового спектромагнитографа состоит в том, что он сочетает в себе два основных солнечных прибора: магнитограф и спектр-поляриметр полного вектора Стокса. Это позволяет получать с высокой точностью не только полный вектор магнитного поля и лучевые скорости, но и все компоненты вектора Стокса по всему контуру спектральной линии одновременно в 2 магнитоактивных линиях. Данные такого спектромагнитографа позволяют поставить на экспериментальную основу теоретическую науку «Спектрополяриметрия солнечной плазмы».

Результаты наблюдений позволили выявить, что проявления кроссовер-эффекта являются типичными, а не аномальными даже в относительно спокойных активных областях.

* Результат направлен также в Научный совет РАН по физике солнечно-земных связей

На рисунке 1 представлены параметры Стокса в активной области в яркостном виде.

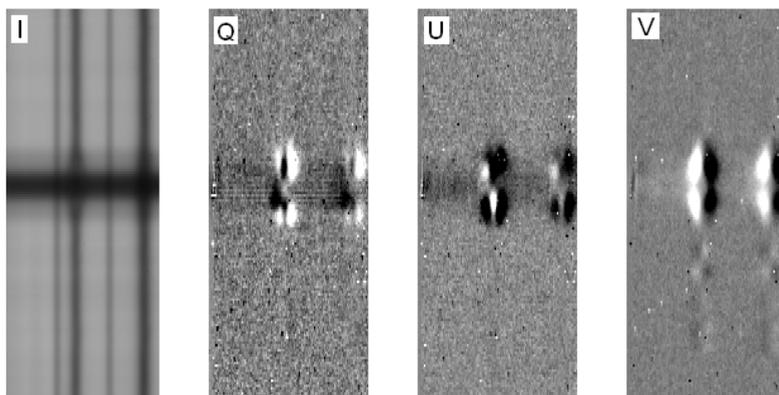


Рисунок 1.

На рисунке 2 представлены типичные контуры спектральной линии в разных поляризациях в одной точке активной области. Сплошные кривые представляют теоретически рассчитанные параметры Стокса, соответствующие отсутствию кроссовер-эффекта. Точки соответствуют экспериментальным данным, полученным с высоким спектральным разрешением, и свидетельствуют о том, что реальные спектры существенно отличаются от теоретических в результате искажения их кроссовер-эффектом.

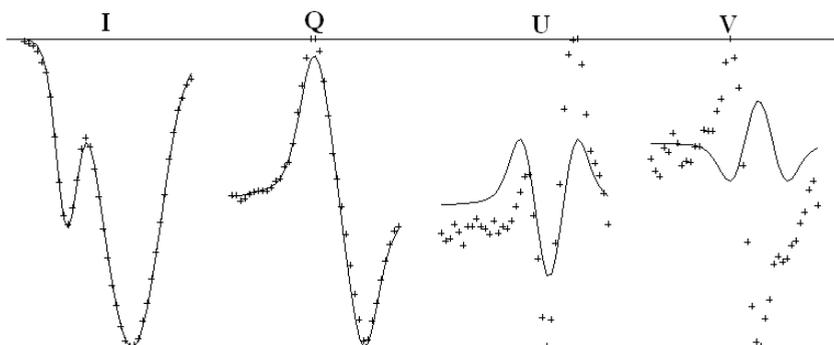


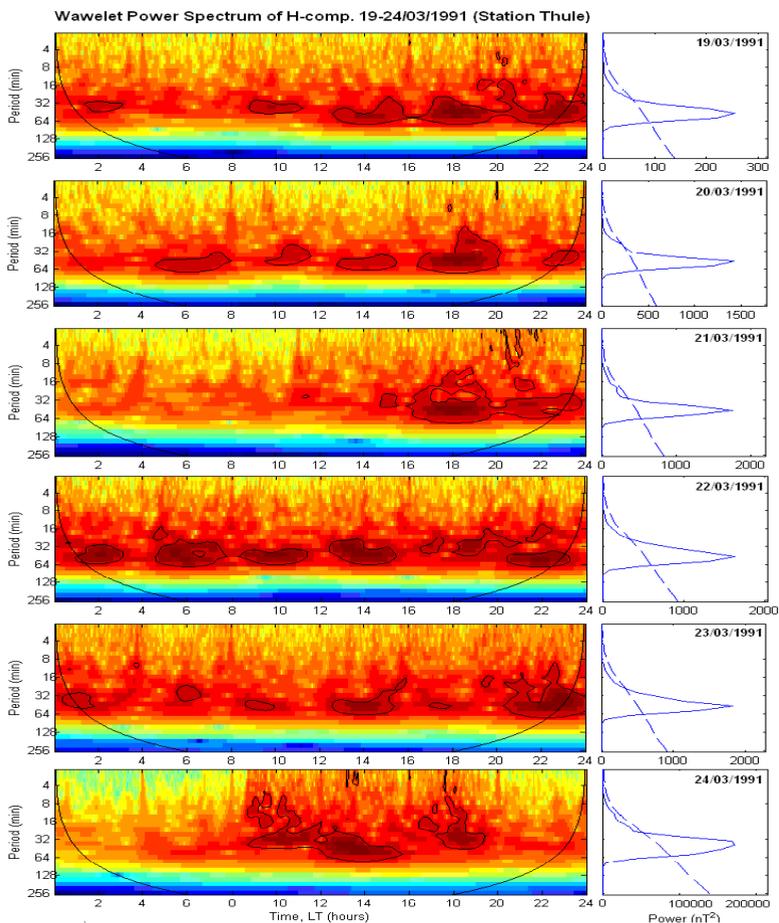
Рисунок 2.

Основные публикации:

Кожеватов И.Е., Руденчик Е.А. Новая версия солнечного спектромагнитографа ИЗМИРАН // Труды Конференции «Солнечная и солнечно-земная физика -2010», 2010, Санкт-Петербург

Предложен алгоритм краткосрочного прогноза мощных солнечных вспышек по наземным наблюдениям на основании анализа среднесуточной мощности долгопериодных колебаний горизонтальной компоненты геомагнитного поля в течение трехнедельного периода накануне протонного события 22 марта 1991.*

А. С. Смирнова, С. Д. Снегирев, О. А. Шейнер

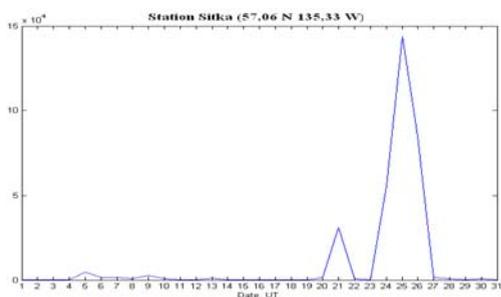


* Результат направлен также в Научный совет РАН по физике солнечно-земных связей

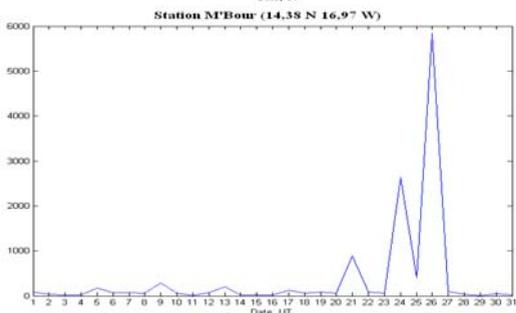
Обнаружено отличие в динамике мощности долгопериодных колебаний Н-компоненты магнитного поля Земли накануне геоэффективных солнечных вспышек для станций различных широт: для среднеширотной и низкоширотной станций значение мощности накануне вспышки существенно (2-3 раза) превышает средний уровень мощности за предыдущие двадцать дней, тогда как на высоких широтах превышение (~50%) не столь заметно на фоне общей активности.

А. С. Смирнова, С. Д. Снегирев, О. А. Шейнер

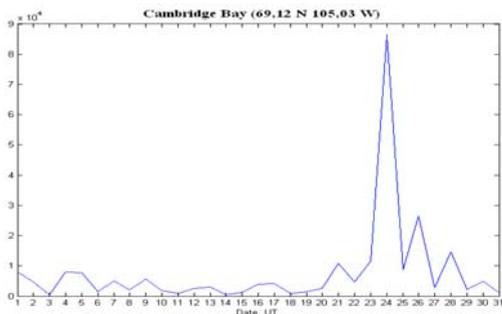
Динамика мощности долгопериодных колебаний для различных станций (март 1991 г.)



Среднеширотные станции



Низкоширотные станции

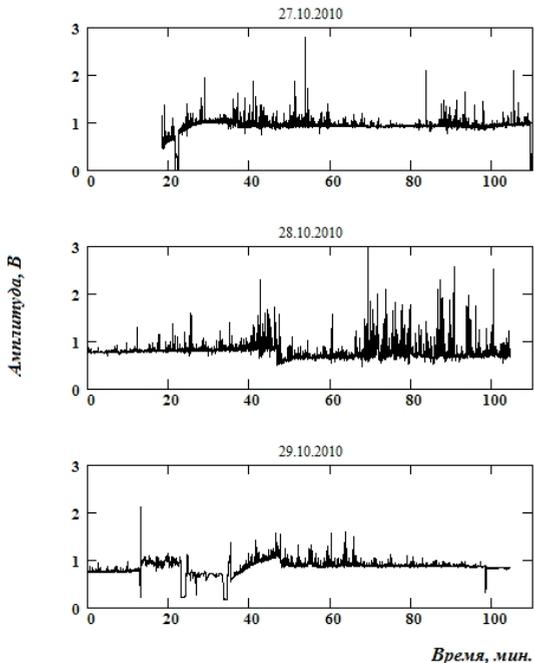


Высокоширотные станции

В августе-октябре 2010 г. проведен цикл РСДБ-измерений солнечного радиоизлучения на частотах 327, 610 и 1600 МГц на РСДБ-пунктах НИРФИ «Ст. Пустынь» и «Зименки», а также на пункте Вентспилс (Латвия, РТ-32, 327 МГц). В период 14-16 октября на базе Ст. Пустынь – Вентспилс зарегистрированы отдельные всплески радиоизлучения с частотой повторения несколько десятков минут. В следующий период наблюдений (начало 27 октября) зафиксирована мощная шумовая буря, продолжавшаяся до 30 октября. На частоте 327 МГц на трех пунктах одновременно зафиксировано несколько сотен коротких (длительностью <1 сек) импульсных всплесков радиоизлучения различной интенсивности. Контрольные измерения на пункте «Ст. Пустынь» показали, что на частоте 610 МГц короткие всплески практически отсутствуют, средняя интенсивность радиоизлучения Солнца претерпевает существенные изменения; на частоте 1600 МГц наблюдалось только незначительное увеличение шума.

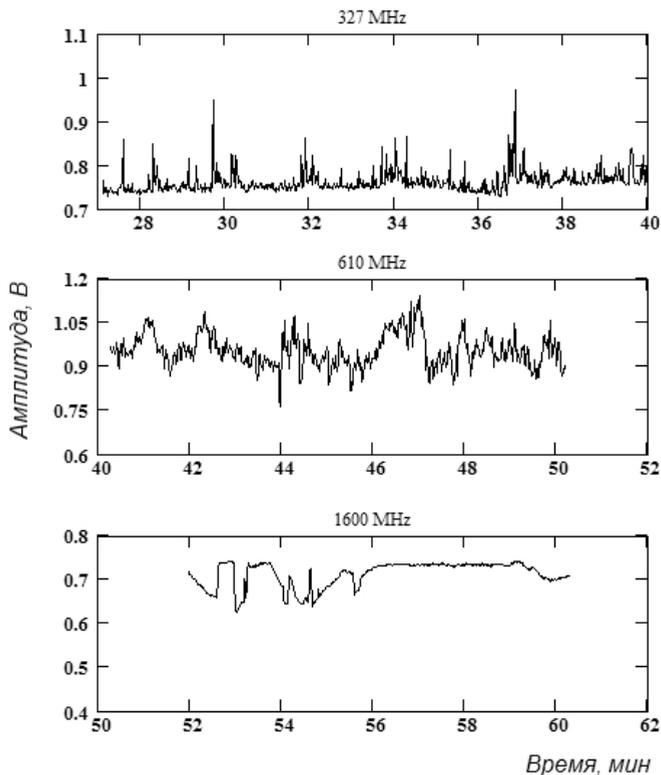
А. А. Антипенко, А. Ф. Дементьев, Н. А. Дугин, М. Б. Нечаева, Ю. В. Тихомиров, С. Д. Снегирев, Т. С. Подстригач, А. К. Чагунин

Эксперимент NIRFI10.4 совпал по времени с мощной шумовой бурей на Солнце в дециметровом диапазоне длин волн (рис.1 – запись, зарегистрированная в РСДБ-пункте «Старая Пустынь»).



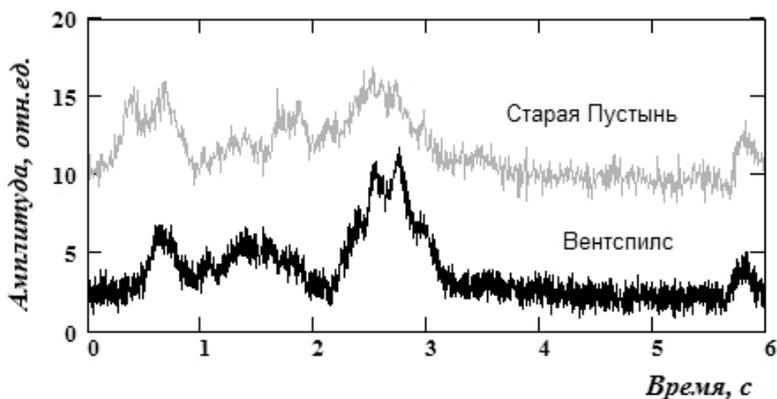
Эксперимент был начат 27 октября, когда активная фаза вспышечного процесса уже началась. Максимум вспышечного излучения был зарегистрирован 28 октября, при этом мощный внешний сигнал достаточно часто превосходил динамический диапазон приёмного устройства. Сигнал от большинства радиовсплесков в 2-4 раза превышал уровень спокойного Солнца. К концу измерений 29 октября интенсивность шумовой бури стала резко падать.

На рис.2 показаны фрагменты записей излучения Солнца на трех частотах, сделанных 29 октября на электронном самописце последовательно по времени.



Видно, что серии коротких всплесков регистрировались только на частоте 327 МГц (период повторения серий 2–2,5 минуты), на 610 МГц хорошо видны существенные вариации сигнала с периодом около 2 минут, коротких всплесков наблюдалось не более трёх; в диапазоне 1,6 ГГц Солнце было практически спокойным (изменения уровня сигнала обусловлены неточностью наведения антенны при узкой диаграмме направленности). Зарегистрирована квазипериодическая структура длинных серий коротких всплесков на частоте 327 МГц, совпадающая с периодичностью вариаций уровня сигнала на 610 МГц.

Для дальнейшего анализа отобраны зарегистрированные в эксперименте всплески, длительность которых не превышает 0,1 - 0,2 с. На рис. 3 показаны фрагменты записей Солнца (интенсивности) на терминале ТН-16 для пунктов Ст.Пустынь-Вентспилс – большинство импульсов от всплесков совпадают.



На первом этапе обработки корреляционных откликов от всплесков не получено. Причинами этого могут быть большие размеры источника излучения, превышающие разрешение интерферометра, или большая скорость движения источника. Для последнего случая потребуется модернизация программного обеспечения при поиске сигнала от всплеска. В настоящее время в центре обработки РСДБ-данных НИРФИ выполняется корреляционная и спектральная обработка полученных данных.

**Результаты,
направленные в Научный совет
по астрономии
при отделении Физических наук РАН
9. Астрометрия, небесная механика и
прикладная радиоастрономия**

Сопоставление значений полного электронного содержания ионосферы (ПЭСИ), полученных в годы последнего минимума солнечной активности радиоастрономическим поляризационно-фарадеевским методом, с соответствующими по времени и географическим координатам значениями ПЭСИ из глобальных GPS-ионосферных карт показало их согласие в пределах погрешностей, составивших ~ 2 TECU ($1 \text{ TECU} = 10^{12} \text{ см}^{-2}$).

Е. Н. Виняйкин

Радиоастрономический поляризационно-фарадеевский метод [1, 2] опирается на результаты радиоастрономических поляризационных исследований распределенного (диффузного) галактического радиоизлучения в метровом и дециметровом диапазонах длин волн, выполненных в РАО НИРФИ “Старая Пустынь”. В качестве источника линейно поляризованного сигнала в измерениях ПЭСИ использовалась область Северного полюса Мира (СПМ). Яркостная температура поляризованной компоненты галактического радиоизлучения в направлении СПМ на частоте 290 МГц равна $1.8 \pm 0.4 \text{ К}$, позиционный угол плоскости линейной поляризации $172^\circ \pm 10^\circ$ [3]. Обработка данных измерений ПЭСИ выполнена в предположении постоянства побочного поляризованного сигнала в течение сеанса измерения.

Значения ПЭСИ из глобальных GPS-ионосферных карт опубликованы в сети Интернет по адресу: <ftp://cddis.gsfc.nasa.gov/pub/gps/products/ionex>. Данные приведены с шагом по долготе 5° , по широте 2.5° и по времени 2 часа. Из всех представленных на этом сайте научных центров были выбраны JPLG (Jet Propulsion Laboratory of California Institute of Technology), CODG (Center for Orbit Determination in Europe, University of Berne, Switzerland), ESAG (European Space Agency Group) и UPRG (Uppsala Radio Group). Выполнена интерполяция данных каждого из этих центров к географическим координатам подионосферной точки для луча визирования области СПМ из РАО НИРФИ “Старая Пустынь”.

На рисунках 1 и 2 приведены примеры зависимости ПЭСИ от времени (московское) по измерениям в РАО “Старая Пустынь” в ночные часы осенью 2008 г. и весной 2009 г. (ромбики и штриховая линия) и по GPS-ионосферным глобальным картам, усреднённым по данным, указанных выше 4-х исследовательских центров (квадратики и пунктирная линия). С целью более корректного сопоставления данных из GPS-ионосферных карт ПЭСИ и полученных в РАО НИРФИ “Старая Пустынь”, последние были сглажены временным окном 2 часа.

Линии выше и ниже линий значений ПЭСИ обозначают, соответственно, ПЭСИ плюс/ минус ошибка измерений.

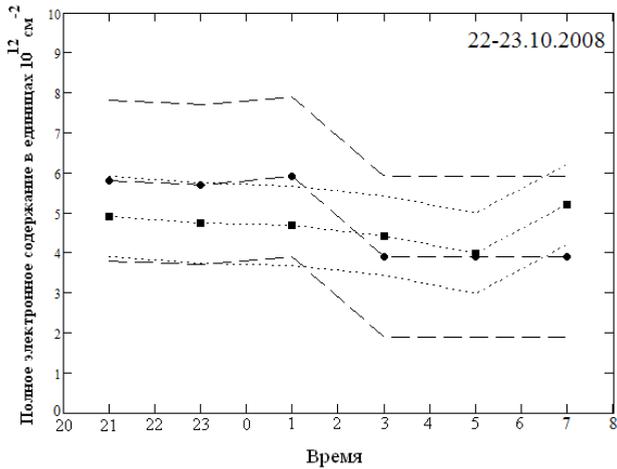


Рисунок 1

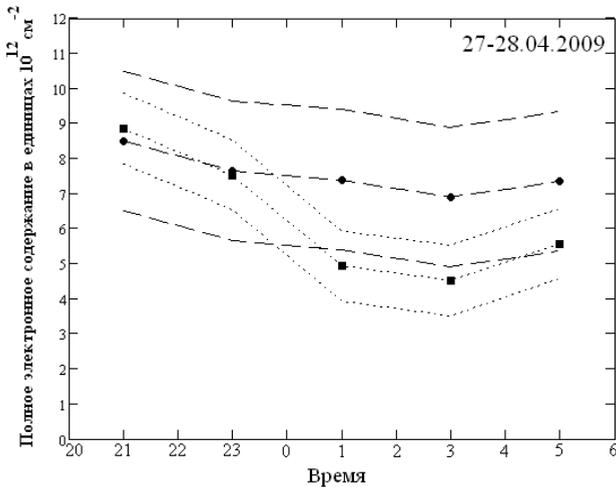


Рисунок 2

Основные публикации:

1. Разин В.А. Поляризация космического радиоизлучения на волнах 1.45 и 3.3 м. *Астрономический журнал*. т.35, с.241, 1958.
2. Разин В.А., Теплых А.И., Косолапенко В.И., Боголюбов А.А., Добрушский Л.А., Кряжев В.А., Строков А.Ю., Формозов Б.С., Черемный В.А. Комбинированный метод измерения пространственно-временного распределения полного электронного содержания в полярной ионосфере. *Геомагнетизм и аэрономия*. 1988, т. 28, №6, с.1027.
3. Виняйкин Е.Н., Кузнецова И.П., Пасека А.М., Разин В.А., Теплых А.И. Спектр линейно поляризованной компоненты галактического радиоизлучения в направлении Северного полюса Мира. *Письма в Астрономический журнал*. т.22, №9, с.652, 1996.

**Результаты,
направленные в Научный совет
по астрономии
при отделении Физических наук РАН
11. Радиотелескопы и методы**

В первых экспериментах 2010 года на частоте 1,6 ГГц проведены юстировка антенн РСДБ НИРФИ «Ст. Пустынь - Зименки» по сигналам навигационных спутников (НИСЗ) – ГЛОНАСС и GPS и измерения пространственной задержки с целью уточнения положения космических аппаратов. Выявлены особенности корреляционной обработки квазишумовых сигналов НИСЗ в полосе приема 2-8 МГц. При полосе 8 МГц погрешность (дискрет) определения задержки составляет ~ 60 наносек (~ 20 м); при предварительной корреляционной обработке зафиксировано, что изменение задержки на 1 дискрет происходит через 2-10 сек в зависимости от направления движения НИСЗ. Эти результаты будут использоваться для разработки алгоритмов обработки данных РСДБ-измерений сигналов КА с целью достижения максимальной точности определения параметров их орбит.

*А. А. Антипенко, А. Ф. Дементьев, Н. А. Дугин, М. Б. Нечаева,
Ю. В. Тихомиров, А. К. Чагунин*

Основная особенность кодовой посылки навигационного космического аппарата (НКА) с точки зрения РСДБ обработки – повторение кодирования через 1 мс. Поскольку сигналы синхронизируются от бортовых стандартов частоты и времени, то сигнал нельзя считать шумовым в классическом понимании, даже если спектр квазишумовой. Через каждую 1 мс сигнал повторяется со сменой малого процента информации, что приводит к частичной корреляции сигналов в кадре. Кроме того, спектр излучаемого сигнала неравномерный – большая доля мощности излучается в узкой полосе (0,5 МГц для ГЛОНАСС и 2 МГц для GPS – реально видимая на спектроанализаторе полоса также близка к 0,5 МГц). Данная особенность приводит к тому, что функция корреляции имеет сложную форму: широкую «подставку» в виде треугольника или синуса и узкий пик на ее вершине, определяемый широкой полосой приема.

На рис.1 показана корреляционная функция для НКА ГЛОНАСС при точной компенсации задержки и при сдвиге на 2 миллисекунды.

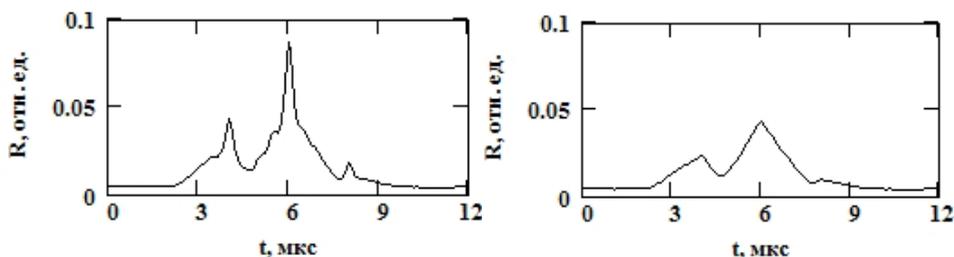
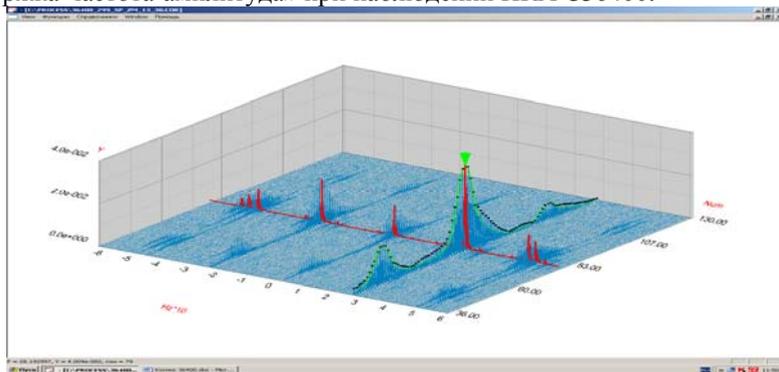


Рисунок 1.

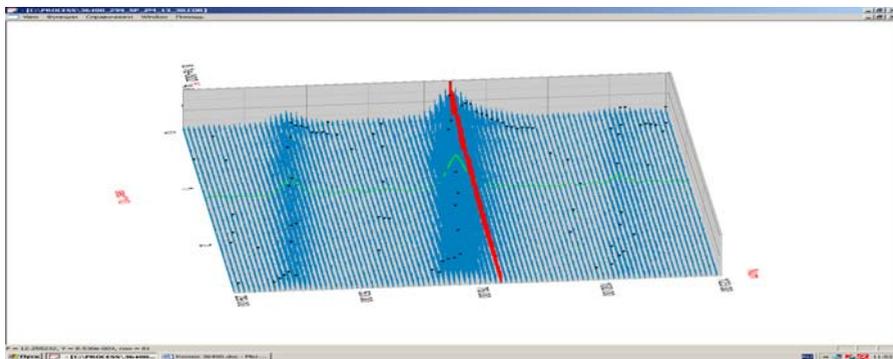
Видно, что при ошибке расчета задержки, кратной 1 мс, амплитуда корреляционной функции определяется только узкополосной частью сигнала, пропадает узкий пик, определяемый широкой полосой приема. Расчет корреляционной функции со сдвигом, кратным 1 мс, проводился до значений сдвига ± 5 мс: вид функции аналогичен рис.1, амплитуда практически постоянна. Боковые максимумы корреляционной функции обусловлены системой записи сигнала и будут устранены при проведении новых экспериментов.

На рис. 2 показана корреляционная функция в трехмерном изображении «задержка-частота-амплитуда» при наблюдении НКА С36400.



На оси частот видны побочные максимумы, отстоящие от основного на 25, 50 и 75 Гц. Частота 50 Гц присутствует в сигнале НКА; это обстоятельство может затруднить выявление сетевых помех при записи сигнала на пунктах.

На рис.3 показана корреляционная функция в трехмерном изображении «время-задержка-амплитуда» при наблюдении того же НКА; хорошо видно плавное изменение задержки в зависимости от времени, вызванное перемещением НКА относительно базы интерферометра.



**Результаты,
направленные в Научный совет
по распространению радиоволн
при отделении Физических наук РАН**

По данным непрерывного мониторинга низкочастотного фонового шума на станции «Новая Жизнь» (Нижегородская область, Россия) за 2007–2010 г.г. исследована новая спектральная структура, проявляющаяся в квазигармонических осцилляциях интенсивности шума с частотными масштабами в 3-4 раза меньшими, чем масштабы традиционной резонансной структуры РСС.

Е. Н. Ермакова, С. В. Поляков, Д. С. Котик

Мелкая структура наблюдается одновременно с традиционной РСС и не связана с влиянием локального ионосферного альвееновского резонатора. Были исследованы особенности тонкой структуры спектра, частота появления, ее суточная динамика, ширина частотного диапазона, в котором наблюдалось это явление.

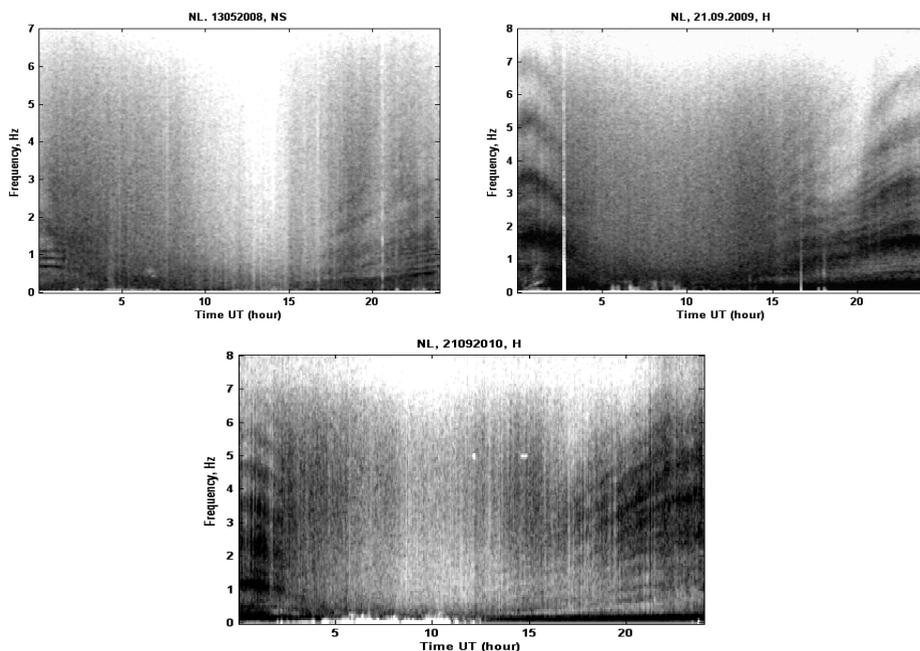


Рисунок 1 Примеры тонких структур спектра и сравнение резонансных спектров в год минимальной активности Солнца с периодом выхода из минимума активности.

Обнаружено:

1. Тонкая структура спектра наблюдается, как правило, на станции «Новая жизнь» в периоды существования сложного характера РСС (дополнительные максимумы, неэквидистантность резонансных линий).
2. Частотный диапазон, в котором наблюдается тонкая структура, зависит от сезона, максимален в осенне-весенний период и существенно меньше (3–4 Гц), чем частотный диапазон, в котором регистрируется обычная РСС.
3. В период выхода солнечной активности из минимума (2010 г.), когда традиционная РСС имела “правильный характер”, тонкая структура не была обнаружена.
4. Тонкая структура, как правило, возникает с задержкой по отношению к традиционной РСС на 1-2 часа, причем эта задержка тем больше, чем позднее заход Солнца.

Основные публикации:

1. Ermakova E.N., Polyakov S.V., Kotik D.S. Studies of the fine structure in the background magnetic ULF noise spectrum at the mid latitude // Abstracts of XXXIII Annual Seminar "Physics of Auroral phenomena", 2 -5 March 2010. P. 55

Численными методами исследовано решение задачи о возбуждении сферического горизонтально-неоднородного волновода Земля–ионосфера для модельного профиля ионосферы IRI-2007 и разного положения солнечного терминатора относительно геодезической линии, соединяющей источник и приемник.

Е. Н. Ермакова, С. В. Поляков, Д. С. Котик

Выполнен анализ возможного влияния нелокальной ионосферы на спектры низкочастотного шума. Показано, что это влияние, как правило, не изменяет существенно характер спектров фонового шума, который определяется свойствами локальной ионосферы (Рис.1).

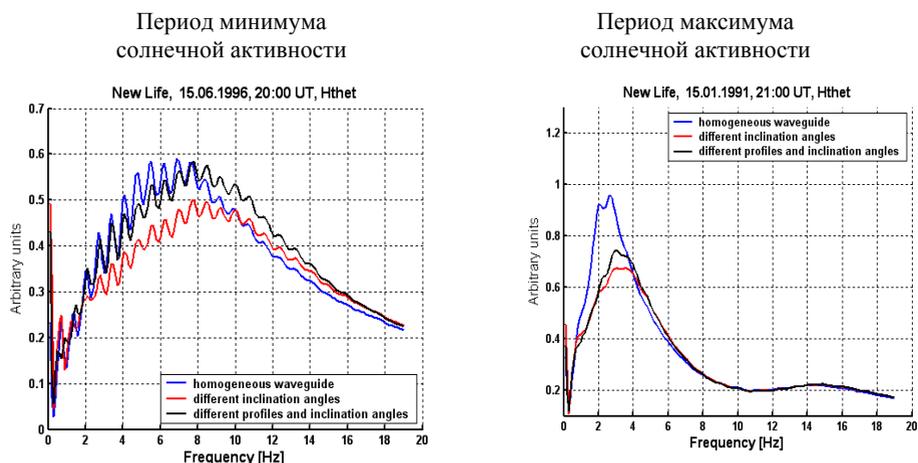


Рисунок 1 Примеры вычисления магнитных компонент для однородной и неоднородной модели сферического волновода для источника типа вертикальный электрический диполь

Это подтверждает возможность развития методов диагностики ионосферы по измерениям КНЧ естественных полей. На основе численных расчетов магнитных компонент в частотном диапазоне 0.1-15 Гц, выполнено сравнение результатов моделирования и экспериментальных исследований резонансной структуры спектра для приемных пунктов расположенных на различных географических широтах: о. Крит (35.15°N. , $25,20^{\circ} \text{E.}$), Новая Жизнь (Нижегородская область, 55.97°N. , 45.74°E.), Ловозеро (68N. , 35E) и Баренцбург (78.09N , 14.12E.). По результатам сравнения теоретических и экспериментальных спектров выявлены степень соответствия различных модельных профилей реально существующим. Сделан вывод, что модель IRI-

2007 не адекватно описывает профили электронной концентрации на низких и высоких широтах, а также на средних широтах в период минимума солнечной активности. Исследования дополнены анализом расчетных и экспериментальных спектров поляризационного параметра магнитного шума. Показано, что анализ спектров поляризационного параметра наиболее удобен для диагностики ионосферы на высотах 80-300 км.

Основные публикации:

1. Ермакова Е.Н., Поляков С.В., Котик Д.С. Исследование спектральных структур в фоновом ультранизкочастотном шуме на разных широтах, *Изв. вузов, Радиофизика*, в печати.

2. Ermakova E.N., Kotik D.S., Polyakov S.V. Investigations of the diagnostic method possibilities of the ionospheric parameters basing on measurements and modeling of the background ULF magnetic noise spectral structures, *Abstracts of XXXIII Annual Seminar "Physics of Auroral phenomena"*, 2 -5 March 2010. P. 54-55.

Разработан принципиально новый метод локации ближних источников, основанный на использовании определенной модели источника и измерении индукционными датчиками (диапазон частот 0.1–30 Гц) излучения от него в трех пунктах, разнесенных на 50–80 км.

С. В. Поляков, Е. Н. Ермакова, Б. И. Резников, А. В. Щенников, Ю. В. Шлюгаев

По измеренным амплитудам магнитных компонент поля решается обратная задача о параметрах и координатах источника. Градиентная схема приема в этом случае позволяет также значительно повысить точность и достоверность метода. По результатам модельного эксперимента по локации искусственного КНЧ излучателя и градиентных измерений низкочастотных полей в двух пунктах, разнесенных на различные расстояния, выработаны требования к организации натурального эксперимента по локации ближних источников: положения измерительных пунктов должны выбираться таким образом, чтобы в одном из пунктов регистрируемый сигнал имел амплитуду в 2-3 раза меньше, чем в двух других.

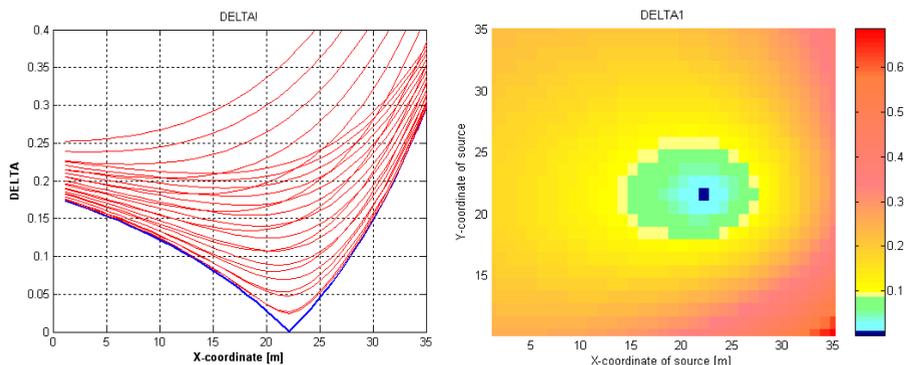


Рисунок 1 Поиск истинных координат источника осуществляется по минимальному значению параметра DELTA1

Для использования метода локации, основанного на дискриминации крупномасштабных шумовых полей существенным является низкий уровень локальных антропогенных помех в каждой из точек приема, оптимальным является разнесение пунктов на расстояния 50-100 км, причем линии, соединяющие попарно пункты должны составлять разные углы с плоскостью магнитного меридиана. Было выполнено математическое моделирование, демонстрирующее возможности метода локации. Результаты приведены на Рисунке 1.

Основные публикации:

1. Ермакова Е.Н., Поляков С.В., Шлюгаев Ю.В., Щенников А.В. Экспериментальные исследования спектральных структур в фоновом низкочастотном шуме методом разнесенного приема // Abstracts of XXXII Annual Seminar "Physics of Auroral phenomena", 3 March-6 March 2009, p. 45.
2. Поляков С.В., Ермакова Е.Н., Резников Б.И., Щенников А.В. О возможности обнаружения, определения координат и эффективных параметров спорадических литосферных источников электромагнитного поля с уровнем ниже регулярного шумового фона // Тезисы V международной конференции «Солнечно-земные связи и физика предвестников землетрясений» с. Паратунка, Камчатский край, 2 - 7 августа 2010 г.

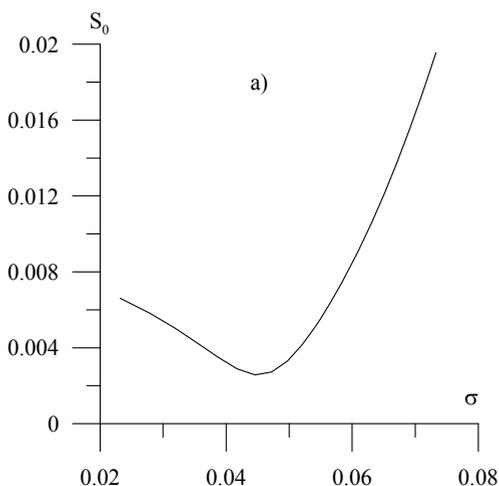
В ИК-диапазоне при измерениях коэффициентов отражения морской поверхности обнаружена сильная корреляция изменений коэффициента отражения морской поверхности при ветровом волнении и интенсивности излучения атмосферы по зеркальному лучу на углах визирования меньших 30° от горизонта. На основе зависимости коэффициента корреляции от угла визирования создан оперативный метод определения дисперсии уклонов морского волнения в натуральных условиях.

Станкевич К.С., Бубукин И.Т.

В ИК-диапазоне все волнение является крупномасштабным, изменения собственной излучательной способности связанные с крупномасштабным волнением не превышают $2 \cdot 10^{-3}$, что на порядок меньше наблюдаемого эффекта.

Натурные измерения проведены на основе созданных в НИРФИ методов абсолютных измерений интенсивности собственных излучений морской поверхности и атмосферы в ИК-диапазоне.

Дисперсия уклонов морского волнения $\sigma_{\text{экс}}$ определялась по минимуму среднеквадратичного отклонения от линейной зависимости измеренных коэффициентов отражения $R_F(\theta)$ и вычисленных по формулам Френеля $R_{FT}(\theta)$ с использованием экспериментально определенного $\varepsilon_{\text{экс}}$ (рис.1а).



На рис. 16 нанесены: сплошная кривая $R_{FT}(\theta)$ – коэффициент отражения вычисленный по формулам Френеля при экспериментально определенном значении $\varepsilon_{\text{экс}}$, на которую нанесены точками измеренные коэффициенты отражения $R_F(\theta)$ при $\sigma_{\text{экс}}$.

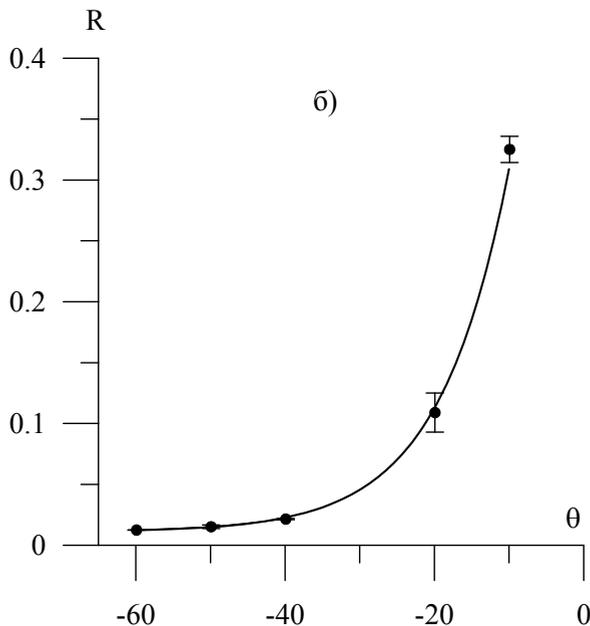


Рис. 1. Зависимости среднеквадратичного отклонения S_0 от дисперсия уклонов морского волнения (а) и измеренных коэффициентов отражения $R_F(\theta)$ (точки) и вычисленного $R_{FT}(\theta)$ (сплошная) от угла визирования (б) после определения диэлектрической проницаемости $\varepsilon_{\text{экс}}$ и дисперсия уклонов $\sigma_{\text{экс}}$.

Натурные измерения излучения морской поверхности и атмосферы проводились на научной станции ФГНУ НИРФИ "Кара Даг" с пирса Карадагского природного заповедника НАН Украины.

Публикации

И.Т.Бубукин, К.С.Станкевич "Одновременное определение диэлектрических свойств морской поверхности, ее волнового состояния и температуры воды в скин-слое по дистанционным измерениям собственных излучений морской поверхности и атмосферы в ИК-диапазоне". Доклад на Всероссийских радиофизических научных чтениях-конференциях памяти Н.А.Арманда, Всероссийская научно-практическая конференция "Космическая радиолокация", Труды конференции, 28.06-1.07.2010 г., Муром, стр.215-219.

Разработана методика и выполнены первые исследования F-области ионосферы, возмущенной мощным КВ радиоизлучением стенда СУРА, с помощью измерений фазовых характеристик широкополосных импульсных радиосигналов.

Е.Н. Сергеев, А.В. Шиндин, С.М. Грач

Ширина спектра регистрируемого импульсного сигнала, отвечающая интервалу зондируемых высот, определяется длительностью и интенсивностью импульса, а также динамическим диапазоном приемной аппаратуры. Использование широкополосного радиоприемного устройства и методов цифровой обработки позволяет анализировать вариации фазы различных спектральных компонент импульсного сигнала, отражающихся на разных высотах ионосферы, с высоким частотным и временным разрешением, при этом используемое временное разрешение определяется периодом повторения зондирующих импульсов и составляло 0,02–0,1 с, частотное разрешение при анализе данных выбиралось равным 1 кГц. Реализован алгоритм решения обратной задачи восстановления эволюции профиля электронной концентрации в области плазменных резонансов волны накачки по данным фазового зондирования.

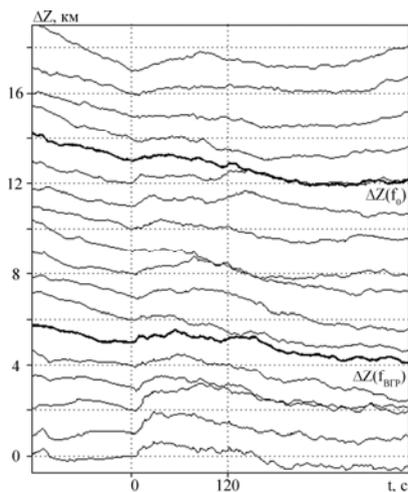


Рисунок 1

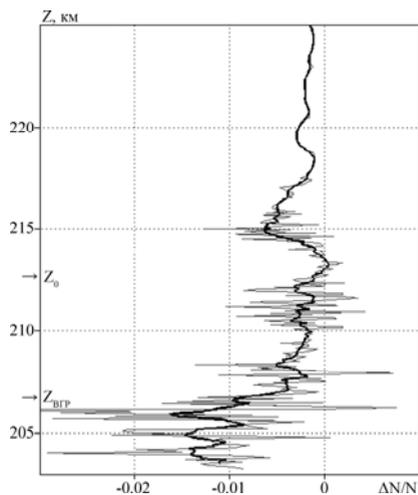


Рисунок 2

Решение обратной задачи проводилось методом регуляризации Тихонова. Вариации высот отражения ΔZ показаны на рис. 1 для отдельных спектральных компонент с шагом 25 кГц и постоянным сдвигом в 1 км. На фоне естественного тренда высот наблюдается их рост на 400–800 м во время

нагрева на временах 0–120 с, что соответствует вытеснению плазмы из области нагрева. На рис. 2 представлены вариации концентрации профиля плотности плазмы на 60-й секунде нагрева, нормированные на значение концентрации, перед началом нагрева. Высоты отражения волны накачки и ее верхнегибридного резонанса обозначены как Z_0 и $Z_{ВГР}$. Наиболее интенсивные флуктуации концентрации сосредоточены в области плазменных резонансов и достигают 1,5% от фоновых значений, а характерные пространственные масштабы флуктуаций составляют 200–500 м. Развиваемый подход позволяет реализовать предельные возможности метода вертикального многочастотного доплеровского (фазового) зондирования ионосферы.

Основные публикации:

Шиндин А.В., Сергеев Е.Н., Грач С.М. Фазовый метод зондирования возмущенной области ионосферы с помощью широкополосных сигналов // Вестник ННГУ, Радиофизика, 2010, N. 6, с. 48-55.

Впервые проведен эксперимент по сверхдальному зондированию ионосферного канала с помощью ЛЧМ ионозонда/пеленгатора на трансэкваториальной трассе Лейвертон (Австралия) – Ростов-на-Дону протяженностью 11790 км.

В. П. Урядов, А. А. Понятов (ФГНУ НИРФИ)

Г. Г. Вертоградов, Е. Г. Вертоградова (ФГОУ ВПО ЮФУ)

Наблюдения проводились с 5.12.2009 г. по 12.01.2010 г. Обнаружены аномальные сигналы и определены механизмы их распространения. Установлено, что в дневные часы, наряду с прямым сигналом с азимутом угла прихода $\alpha \approx 115^\circ$, регистрировались аномальные сигналы с задержкой $\sim 2\text{--}3$ мс относительно прямого сигнала. Это сигналы на частотах $\sim 16\text{--}20,5$ МГц с азимутом угла прихода $\alpha \approx 100^\circ$ и на частотах $\sim 20\text{--}25$ МГц с азимутом угла прихода $\alpha \approx 145\text{--}150^\circ$. В вечернее и ночное время часто наблюдался интенсивный аномальный сигнал на частотах $\sim 5\text{--}7$ МГц с азимутом угла прихода $\alpha \approx 15\text{--}20^\circ$ и задержкой $\sim 11\text{--}12$ мс относительно прямого сигнала.

Для определения механизмов распространения аномальных сигналов было проведено моделирование распространения радиоволн с учетом результатов измерений ДЧХ, АЧХ и УЧХ прямого и аномальных сигналов. Показано, что аномальные сигналы с небольшой задержкой $\sim 2\text{--}3$ мс обусловлены отражением радиоволн от горного массива Гималаи с азимутом угла прихода $\alpha \approx 100^\circ$ и от Иранского нагорья с азимутом угла прихода $\alpha \approx 145\text{--}150^\circ$.

Согласно измерениям и расчетам, аномальный (боковой) сигнал с большой задержкой $\sim 11\text{--}12$ мс связан с рассеянием радиоволн на мелкомасштабных неоднородностях высокоширотной ионосферы северного полушария. Определены местоположения области с рассеивающими неоднородностями с географическими координатами подионосферной точки центра этой области 71°N , $68,5^\circ\text{E}$ (геомагнитные координаты $66,25^\circ\text{N}$, $144,67^\circ\text{E}$), совпадающей с положением северной стенки главного ионосферного провала ионизации.

Для идентификации механизма распространения интенсивного аномального сигнала с большой задержкой проводилось моделирование распространения и рассеяния радиоволн с учетом результатов измерений ДЧХ и УЧХ. Согласно расчетам, за счет отрицательного градиента электронной концентрации и увеличения высоты максимума F -слоя вдоль трассы распространения Лейвертон – область рассеяния имел место рефракционный захват радиоволн на рикошетирующие и волноводные траектории либо на первом, либо на втором скачке. Для захваченных в ионосферный канал рикошетирующих (волноводных) траекторий проводился расчет ракурсного рассеяния радиоволн на неоднородностях высокоширотной ионосферы. Согласно расчетам, по условиям ракурсного рассеяния и последующего 1,5 скачкового распространения из всего диапазона частот рикошетирующих (волноводных) траекторий в приемный пункт попадают траектории только на частотах $\sim 5\text{--}$

7 МГц, что хорошо согласуется с результатами наблюдений. Обрезание верхних частот из диапазона рикошетирующих (волноводных) траекторий обусловлено как ракурсными условиями рассеяния, так и низкими критическими частотами ионосферы на участке трассы область рассеяния – Ростов-на-Дону, учитывая, что из-за большого расстояния от области рассеяния до приемного пункта ~ 3000 км для попадания в приемный пункт рассеянный сигнал должен отразиться от Земли и ионосферы.

Выполнены первые комплексные эксперименты по исследованию эволюции диагностического искусственного радиоизлучения ионосферы (ИРИ) непосредственно на приемо-передающем комплексе стенда СУРА и динамики декаметровых неоднородностей с поперечными к магнитному полю размерами $L_{\perp} \approx 7-150$ м с помощью измерений характеристик ракурсно рассеянных волн (РРВ) на ряде приемных пунктов Казанского государственного университета (Казань), ИЗМИРАН (Троицк) и Южного Федерального университета (Ростов-на-Дону) для широкой сетки частот $f \approx 2-20$ МГц. Установлено, что для ночных условий измерений характерные времена релаксации интенсивности диагностического ИРИ при переходе от нагрева к зондированию возмущенной области определяются временами релаксации наиболее крупных декаметровых неоднородностей, достигающими значений $\tau_p \approx 50-180$ с. Исследования суточной зависимости времен релаксации декаметровых неоднородностей для $f \approx 1,6-6,6$ МГц в Казани в сентябре 2010 г. показали, что днем времена их релаксации не превышали $\tau_p \approx 10-20$ с, при этом РРВ наблюдалось лишь в узкой области частот $f \geq f_0$. С заходом Солнца частотный интервал обратно рассеянных волн расширяется (растут вертикальные размеры возмущенной области, достигая 50–75 км) вместе с возрастанием времен их релаксации

Е. Н. Сергеев, С. М. Грач, В. П. Урядов (ФГНУ НИРФИ)

Е. Ю. Зыков (КазГУ), В. Ю. Ким (ИЗМИРАН)

Г. Г. Вертоградов (ФГОУ ВПО ЮФУ)

В рамках развития метода комплексных исследований пространственно-временной структуры области искусственной ионосферной турбулентности, создаваемой над нагревным стендом СУРА, в мае и сентябре 2010 года были выполнены первые совместные эксперименты по комплексному зондированию возмущенной области ионосферы. Диагностические измерения искусственного радиоизлучения ионосферы (ИРИ) проводились непосредственно на приемо-передающем комплексе стенда, ракурсного рассеяния волн (РРВ) – на ряде приемных пунктов Казанского государственного университета (Казань), ИЗМИРАН (Троицк) и Южного Федерального университета (Ростов-на-Дону) на широкой сетке частот 2–20 МГц. В силу географического расположения этих приемных пунктов импульсная КВ-радиолокация из Казани на десяти фиксированных частотах в интервале $f = c/\lambda \approx 2-6$ МГц позволила исследовать динамику декаметровых неоднородностей с поперечными к магнитному полю размерами $L_{\perp} = \lambda / 2n \approx 25-150$ м (n – показатель преломления в плазме). В Троицке и Ростове-на-Дону исследовалось РРВ на частотах $f \approx 10-21$ МГц ($L_{\perp} \approx 7-15$ м).

Для ночных условий измерений было установлено, что характерные времена релаксации (в e -раз) интенсивности диагностического ИРИ при переходе от нагрева на частоте $f_0 = 4785$ кГц к зондированию возмущенной области определяются временами релаксации наиболее крупных декаметровых неоднородностей, достигающими значений $\tau_p \approx 50\text{--}180$ с. Наименьшие из диагностируемых масштабов $L_{\perp} \approx 7\text{--}15$ м уменьшались по интенсивности на 10–20 дБ с характерными с временами $\tau_{p1} \approx 1\text{--}5$ с на первой стадии, возрастающими в 10–20 раз на второй, медленной стадии релаксации со значениями τ_{p2} , приближающимися к значениям τ_p .

На рис. 1 в качестве примера приведены осциллограммы динамики относительной интенсивности РРВ на крайних частотах используемого диапазона зондирования в Казани и интенсивности диагностического ИРИ в области его главного спектрального максимума для двух циклов нагрева в 22:31 мск и 23:01 мск.

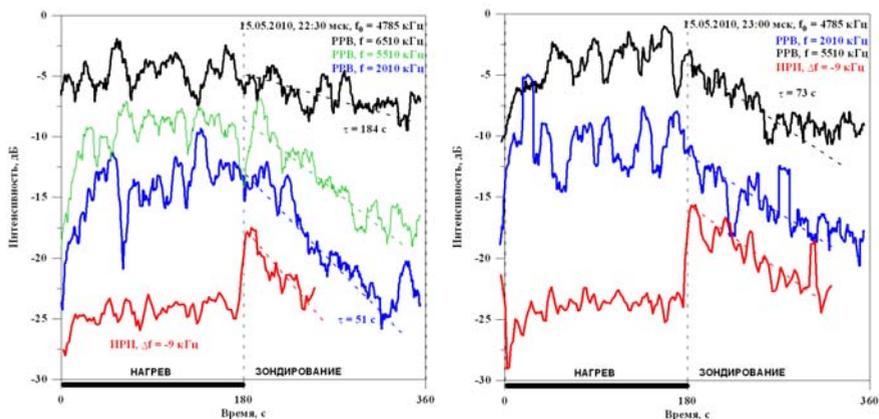


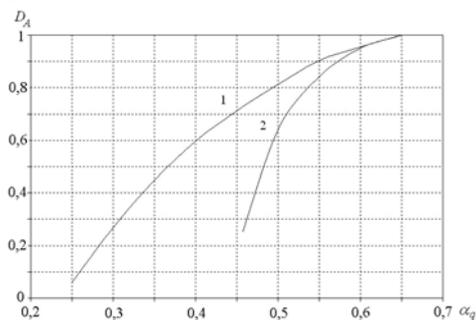
Рисунок 1.

Исследования суточной зависимости времен релаксации декаметровых неоднородностей для $f \approx 1,6\text{--}6,6$ МГц в сентябре 2010 г. показали, что днем времена их релаксации не превышали $\tau_p \approx 10\text{--}20$ с, при этом РРВ наблюдалось лишь в узкой области частот $f \geq f_0$. С заходом Солнца частотный интервал обратнo рассеянных волн расширяется (растут вертикальные размеры возмущенной области, достигая 50–75 км) вместе с возрастанием времен их релаксации.

Рассмотрены некоторые аспекты методов спектрального и мультифрактального анализа экспериментальных данных в исследованиях мелкомасштабной ионосферной турбулентности с помощью дистанционного радиозондирования ионосферы сигналами ИСЗ и при прямых зондовых измерениях флуктуаций электронной концентрации ионосферной плазмы космическими аппаратами.

Ф. И. Выборнов, В. А. Алимов, А. В. Рахлин

Показано, в частности, что непосредственное применение методов спектрального и мультифрактального анализа при обработке записей амплитуд принимаемых на Земле сигналов орбитальных ИСЗ не позволяет дать однозначную интерпретацию результатов измерений в пользу мелкомасштабной ионосферной турбулентности (МИТ) естественного или искусственного происхождения. Вместе с тем, существенное различие в измеряемых величинах ширины локальных мультистепенных спектров мелкомасштабной ионосферной турбулентности при обработке сигналов ИСЗ методом многомерных структурных функций (МСФ), в принципе, может служить индикатором реального состояния исследуемой МИТ в естественных условиях или при воздействии на ионосферу мощным КВ радиоизлучением. Но при дистанционном зондировании ионосферы сигналами ИСЗ с помощью метода МСФ или метода максимумов модулей вейвлет-преобразования (ММВП) невозможно изучать тонкую мультифрактальную структуру ионосферной турбулентности. В то же время применение прямых зондовых измерений флуктуаций электронной концентрации в ионосфере на космических аппаратах и метода ММВП для обработки этих экспериментальных данных может выявить тонкую фрактальную структуру ионосферной турбулентности с размерами плазменных неоднородностей в единицы – десятки метров.



Графики мультифрактальных спектров $D_A(\alpha_q)$ флуктуаций амплитуды принимаемых сигналов искусственных спутников Земли для двух приемных пунктов:
1 – случай, когда радиолуч пересекает область искусственно возмущенной ионосферы;
2 – случай, когда радиолуч эту область не пересекает.

Предложен и впервые реализован в практике исследований мультифрактальной структуры ионосферы фазовый метод.

Ф. И. Выборнов, В. А. Алимов, А. В. Рахлин

Метод базируется на измерении многомерных структурных функций для флуктуаций фазы принимаемых сигналов от спутников и космических радиисточников. Фазовый метод позволяет получать важную информацию о мультистепенных и мультифрактальных спектрах ионосферной турбулентности в широком интервале размеров (от десятков метров до десятков километров) плазменных неоднородностей верхней ионосферы. Рассмотрены перспективы использования предложенного фазового метода для проведения развернутых работ по дистанционной диагностике неоднородной структуры ионосферы.

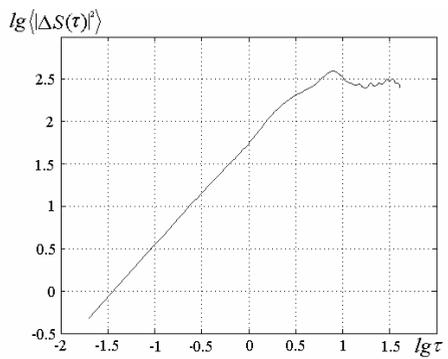


График структурной функции 2-го порядка для флуктуаций фазы сигнала ИСЗ, прошедшего область искусственно возмущенной ионосферы.

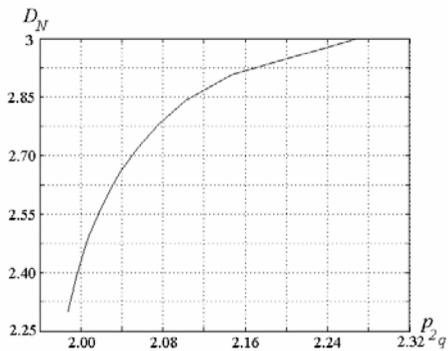


График обобщенного мультифрактального спектра ионосферных неоднородностей $D_N(p_{2q})$, полученный с использованием фазового метода диагностики неоднородной структуры ионосферы.

Проведены измерения обратного рассеяния радиоволн в слое F ионосферы с использованием радара на базе стенда СУРА (частота 9 МГц).

*В. А. Алимов, В. А. Зиничев, Г. П. Комраков, Н. А. Митяков,
С. Н. Митяков*

В 10% случаев наблюдались радарные сигналы, рассеянные в области высот 300 – 500 км. Обнаружено заметное изменение интенсивности радарных сигналов при модификации ионосферы мощными радиоволнами. Через 10–15 с после выключения мощного радиопередатчика интенсивность сигнала, рассеянного на высотах F слоя, уменьшалась на 10 дБ и достигала своего естественного уровня.

В предположении колмогоровского спектра размеров неоднородностей для степени вытянутости вдоль геомагнитного поля от 10 до 100 получены оценки дисперсии электронной концентрации неоднородностей ионосферной плазмы

$$\overline{\left(\frac{\Delta N}{N}\right)_0^2} \approx 10^{-5} - 10^{-2}$$

Предложен и теоретически обоснован новый метод исследования мелкомасштабной турбулентности верхней ионосферы.

В. А. Алимов, Н. А. Митяков, С. Н. Митяков

Метод основан на одновременных измерениях поперечников обратного рассеяния коротких радиоволн при вертикальном и наклонном (ракурсном) зондировании ионосферной плазмы. Метод позволяет определить спектр продольных и поперечных размеров и оценить дисперсию электронной концентрации анизотропных неоднородностей ионосферной плазмы.

В экспериментах на нагревном стенде СУРА исследована тонкая структура стационарных спектров искусственного радиоизлучения ионосферы (ИРИ) в зависимости от мощности и частоты волны накачки f_0 в области между 3-й и 5-й гармониками электронной циклотронной частоты.

Е. Н. Сергеев, С. М. Грач

Обнаружен новый максимум в спектре излучения на отстройке $\Delta f = f_{\text{ИРИ}} - f_0 = -(6-7)$ кГц для мощностей $P > 30$ МВт и частот $f_0 \sim 4300-4500$ кГц и 5600 кГц. Новый максимум излучения симметричен по положению в спектре ИРИ положительному максимуму излучения (UM – upshifted maximum) с $\Delta f_{\text{UM}} = +(6-7)$ кГц и превосходит последний по интенсивности не более чем на 2-5 дБ. Характерные времена развития нового максимума ИРИ соответствуют временам развития верхнегибридной плазменной турбулентности в ионосферной плазме и составляют порядка секунд после включения волны накачки. Формирование нового максимума не может быть объяснено “классическими” распадными механизмами взаимодействия ниже- и верхнегибридных плазменных волн, определяющих формирование главного спектрального максимума (DM – downshifted maximum) излучения на отстройках $\Delta f_{\text{DM}} = -(9-12)$ кГц.

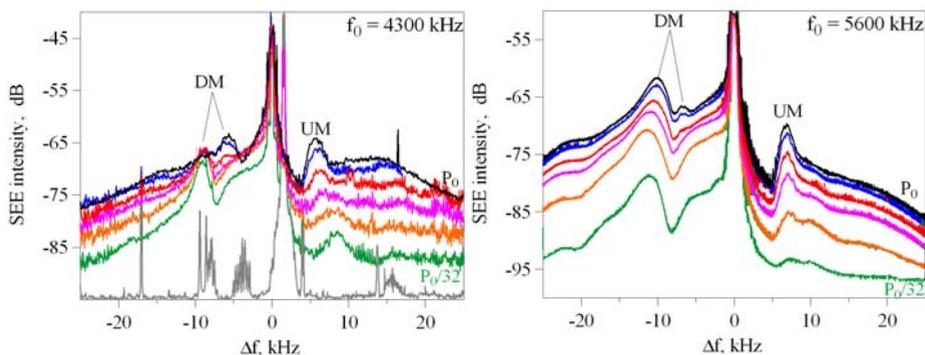


Рисунок.1. Стационарные спектры ИРИ в зависимости от мощности волны накачки, полученные в измерениях на стенде СУРА 9 сентября 2008 г. ($P_0 = 120$ МВт, $f_0 = 4300$ кГц, частотное разрешение 50 Гц, левая панель) и 14 марта 2010 г. ($P_0 = 150$ МВт, $f_0 = 5600$ кГц, частотное разрешение 10 Гц, правая панель). Усреднено 1200 – 2930 спектров в течение 2 минут нагрева ионосферы.

В области существования нового максимума на различных этапах воздействия на ионосферу наблюдается также формирование узкополосной компоненты ИРИ, интенсивность которой во многих случаях превышает его интенсивность. С этим, по-видимому, связано исчезновение максимума в стационарных спектрах ИРИ с ростом частоты волны накачки, а также в

спектрах диагностического ИРИ при переходе от непрерывного нагрева к импульсному зондированию возмущенной области ионосферы. Следует отметить, что наличие двух максимумов DM часто наблюдалось в нагревных экспериментах вблизи 3-4 гармоник гирочастоты электронов на отстройках $\Delta f \sim -(8-10)$ кГц, что связывается с расщеплением традиционного DM на две компоненты в узкой окрестности гармоник гирорезонанса.

Основные публикации:

Sergeev E.N., Grach S.M. New downshifted maximum in stimulated electromagnetic emission spectra // Abstracts. 38th COSPAR Scientific Assembly 2010, Bremen, Germany, 18-25 July 2010, www.cospar2010.org, paper no. C52-0007-10.

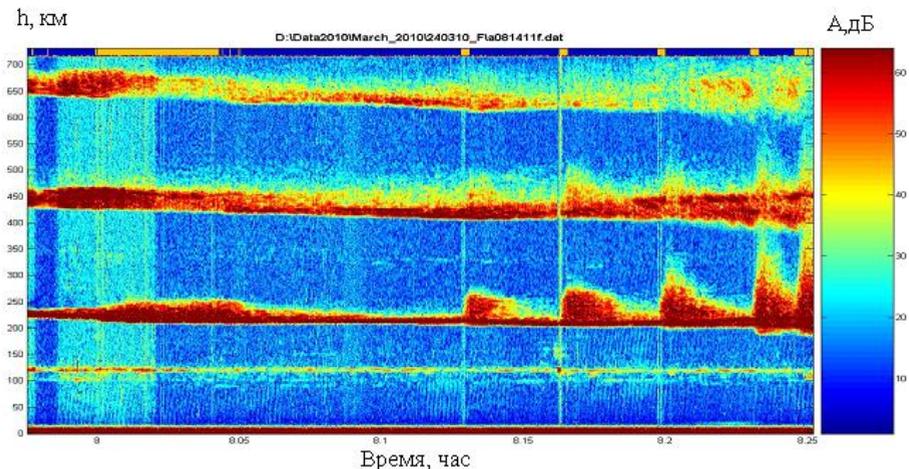
Проведены исследования механизма возникновения возмущения электронной концентрации на высотах нижней ионосферы при искусственном нагреве ионосферной плазмы в F -области. При возмущении ионосферы излучением обыкновенной компоненты мощной волны на частоте 4,3 (4,7) МГц с эффективной мощностью 80 МВт и зондировании ее пробными радиоволнами на частоте 2,95 МГц зарегистрировано влияние на зондирующий сигнал искусственного возмущения на высотах ниже высоты отражения мощной волны на 40–120 км. Во время сеансов нагрева на высотах как ниже, так и выше зеркального отражения пробной волны возникали дополнительные диффузные отражения пробных радиоволн обыкновенной поляризации, связанные с искусственным воздействием на ионосферу.

*Н. В. Бахметьева, В. Л. Фролов, В. Д. Вяхирев, Г. П. Комраков,
Е. Е. Калинина*

Эксперименты выполнены на стенде СУРА в марте и сентябре 2010 г., нагрев ионосферы проводился излучением обыкновенной компоненты мощной волны на частоте 4,3 (4,7) МГц с эффективной мощностью 80 МВт в режиме (+3,-7) (3 минуты – нагрев, 7 минут – пауза, во время которой в каждую минуту проводился один 5-секундный импульсный нагрев), а также в режиме (+5,-10) минут с дополнительным излучением в паузе 10-секундных импульсов с периодом 2 минуты. Зондирование ионосферы осуществлялось пробными радиоволнами на частоте 2,95 МГц с помощью установки частичных отражений.

По результатам измерений высотно-временных характеристик амплитуды зондирующего сигнала зарегистрировано влияние на него искусственного возмущения на высотах ниже высоты отражения мощной волны на 40–120 км. Во время сеансов нагрева как ниже, так и выше зеркального отражения пробной волны возникали дополнительные отражения пробных радиоволн обыкновенной поляризации, связанные с искусственным воздействием на ионосферу. Пробные радиоволны необыкновенной поляризации зеркально отражались в нижней части E -области. Анализ высотно-временных характеристик амплитуд и времен развития и релаксации дополнительных сигналов после окончания нагрева совместно с данными вертикального зондирования показал, что наиболее вероятно на пробные волны частотой 2,95 МГц оказывало влияние возмущение E -слоя ионосферы и нижней части слоя F_1 . Появление во время нагрева дополнительных сигналов могло обеспечиваться ростом электронной концентрации в нижней ионосфере при нагреве и усилении ее неоднородной структуры. Получено, что нагрев ионосферы длительностью несколько секунд также вызывал возмущение

ионосферной плазмы на низких высотах. При таком нагреве наблюдался эффект последствия, когда максимального значения амплитуда сигнала достигала через 5–10 с после окончания нагрева, и эффект накопления, когда наблюдался рост амплитуды сигнала в каждом последующем сеансе нагрева. Вероятно, такие особенности развития во времени эффектов нагрева могли обеспечиваться развитием плазменных неустойчивостей при нагреве.



Появление дополнительных сигналов (по отношению к зеркальному) на действующей высоте 225 км и выше при возмущении ионосферы стендом СУРА 24 марта 2010 г.

Выполнен анализ гидродинамических неустойчивостей, которые могут влиять на характеристики ионосферы и нейтральной атмосферы на мезосферно-термосферных высотах. На основе высотно-временных вариаций атмосферных параметров: температуры, плотности и скорости вертикальных движений, включая турбулентную скорость, измеренных методом резонансного рассеяния радиоволн на искусственных периодических неоднородностях ионосферной плазмы, проведено сопоставление теоретических критериев развития возможных неустойчивостей с характерными масштабами вариаций. Показано, что наблюдавшихся в экспериментах высотных градиентов температуры нейтральной компоненты атмосферы -20 К/км было достаточно для возникновения сдвиговой неустойчивости и заметной турбулизации среды.

Н. В. Бахметьева, Г. И. Григорьев, А. В. Толмачева

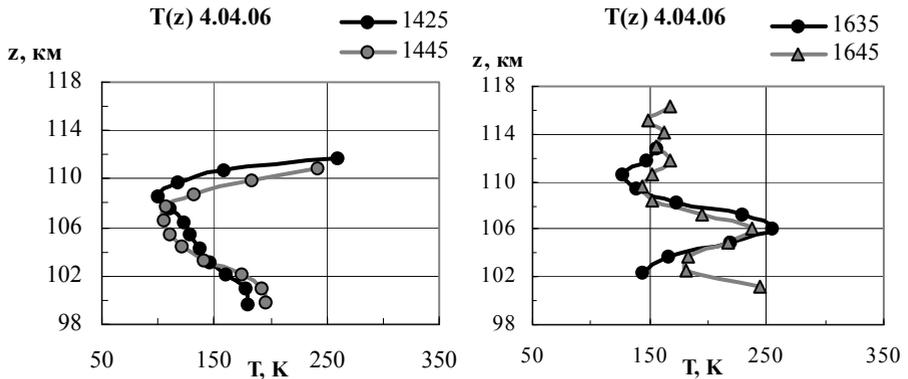
Экспериментальные данные о состоянии атмосферы на высотах E -области получены методом резонансного рассеяния радиоволн на искусственных периодических неоднородностях ионосферной плазмы, создаваемых при воздействии на ионосферу мощным нагревным стендом СУРА ФГНУ НИРФИ. Получены высотно-временные зависимости температуры и плотности нейтральной компоненты, скорости вертикального и турбулентного движений, их спектральные характеристики. Выполнен теоретический анализ гидродинамических неустойчивостей, которые могут влиять на характеристики ионосферы и нейтральной атмосферы на мезосферно-термосферных высотах, проведено сопоставление критериев развития возможных неустойчивостей с характерными масштабами вариаций, определенными в эксперименте.

Сделаны следующие выводы.

Распространение внутренних гравитационных волн с периодами 30–60 минут в устойчиво стратифицированной среде не приводит к ее неустойчивости. Неустойчивость, связанная с убыванием температуры атмосферы с высотой, возникает при наличии отрицательного градиента температуры. В приближении линейной температурной зависимости достаточным условием ее развития является критерий $\frac{\partial T}{\partial z} < -(10-12)$ К/км. Экспериментально

наблюдались отрицательные температурные градиенты, достигавшие -20 К/км, а в последующие периоды времени фиксировались возмущения атмосферных параметров. Сдвиговая гидродинамическая неустойчивость развивается при условии, что сдвиг горизонтальной скорости u_0 превышает значение $\frac{\partial u_0}{\partial z} = 2\omega_g \approx 3,4 \cdot 10^{-2} \text{ с}^{-1}$ (ω_g – частота Брента-Вяйсяля). Соответствующие

величины ветровых сдвигов неоднократно наблюдались в различных экспериментах. Возбуждение ВГВ с различными периодами и связанные с ними неустойчивости могут приводить к турбулизации среды. В возмущенной волнами атмосфере ниже высоты турбопаузы зафиксированы повышенные значения турбулентной скорости, определенные методом резонансного рассеяния. Проведенный анализ свидетельствует о заметном влиянии неустойчивостей и атмосферных гравитационных волн на динамику мезосферы-нижней термосферы в высотном интервале 90–120 км.



Температурные профили $T(z)$ 4.04.2006 г.:
 слева – отрицательный градиент температуры ниже 107 км,
 справа – возмущенный профиль в последующий период.

**Результаты,
направленные в Научный совет РАН
по акустике**

Предложен способ измерения скорости звука в жидкостях, позволяющий исключить недостатки большинства других методов измерения скорости в жидкостях, такие как, погрешность измерения из-за неопределенности фазы на излучателе и отражателе, отсутствие контроля температуры в исследуемой жидкой среде за время проведения измерений, погрешность измерения из-за воздействия температуры на элементы конструкции, задающие базу измерения. В предлагаемом способе вводится перестройка по частоте излучения, для определения с необходимой точностью изменение фазы за каждый шаг перестройки по частоте. Измерение температуры с высокой точностью, которое предполагается иметь в устройстве, реализованном по предложенному способу, позволит использовать его в качестве эталона при различных измерениях скорости звука.

В. А. Жогликов, Е. В. Лебедев, А. В. Ванягин, М. С. Дерябин

Результат относится к акустическим измерениям и предназначен для использования в ультразвуковой технике.

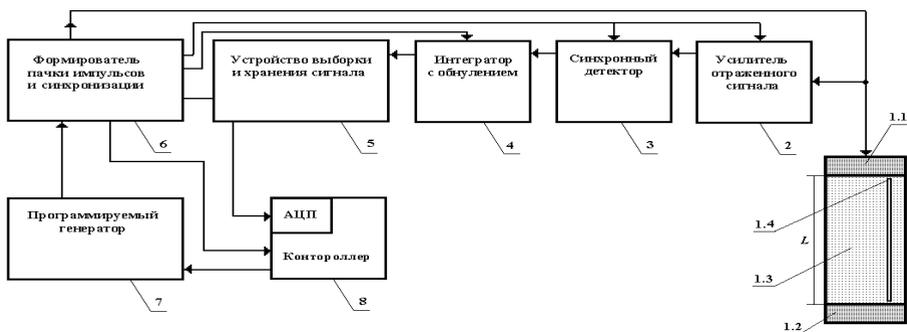
Для достижения поставленной задачи способ определения скорости звука в жидких средах включает излучение с помощью электроакустического преобразователя ультразвуковой волны в жидкую среду и прием с помощью того же электроакустического преобразователя отраженной ультразвуковой волны от экрана, расположенного в жидкой среде на расстоянии L от электроакустического преобразователя. Элементы конструкции, задающие расстояние L , выполняются таким образом, чтобы обеспечить изменение ΔL расстояния L в виде известной величины, которая зависит от температуры жидкой среды. Значение скорости звука определяется по формуле:

$$C = \frac{4\pi(L \pm \Delta L)(F_k - F_0)}{\Delta\Phi}.$$

Относительная точность определения полного набег фазы $\Delta\Phi$ увеличивается при увеличении разности между максимальной частотой F_k и минимальной F_0 . Также относительная погрешность измерения скорости звука зависит от стабильности температуры в жидкости.

На рисунке представлена блок-схема устройства, реализующего предлагаемый способ. Устройство содержит электроакустический излучатель 1.1 и отражающий экран 1.2, помещенные в исследуемую жидкую среду 1.3 на расстоянии L , измеритель температуры 1.4, усилитель отраженного сигнала 2, синхронный детектор 3, интегратор с обнулением 4, устройство выборки и

хранения сигнала 5, формирователь пачки импульсов и синхронизации 6, программируемый генератор 7, контроллер с АЦП 8.



Блок - схема

Основные публикации:

Жогликов В. А., Лебедев Е. В., Ванягин А. В., Дерябин М. С., Способ определения скорости звука в жидких средах, Заявка на изобретение, RU 2010 116919, приоритет от 28.04.2010

Исследованы поля и энергетические характеристики поверхностной волны Стонели, возбуждаемой гармоническими силами, произвольным образом распределенными по плоской границе раздела газ – твердое тело.

А. В. Разин

Рассмотрен случай, когда скорость звука в газе меньше скорости рэлеевской волны на поверхности твердого тела. Получены выражения для вертикальных и горизонтальных компонент полей смещений в двух средах, а также для плотностей потоков мощности излучения и парциальных мощностей излучения волны Стонели в газе и твердом теле. Установлено, что амплитуда волны Стонели в газе экспоненциально спадает при удалении от границы раздела сред. В твердом теле зависимости компонент вектора смещений от расстояния до поверхности оказываются более сложными и определяются соотношениями между скоростью звука в газе и скоростями продольной и поперечной волн в твердом теле. Например, возможно нарастание и появление максимума амплитуды волны на некотором расстоянии от границы, после чего волновое поле экспоненциально спадает.

**Результаты,
направленные в Научный совет РАН
по научному приборостроению**

Проведен анализ и определена номенклатура поверяемых величин и характеристик, обеспечивающих автоматизированные измерения параметров антенн в их ближней зоне.

Ю. И. Белов, А. Г. Серкин, С. О. Черникова

На основе проведенного анализа:

А. Разработана методика поверки технических параметров оборудования на базе векторного анализатора цепей, включая:

- 1) диапазон рабочих частот от 1 до 40 ГГц, с характеристиками: допускаяемой погрешностью установленного значения частоты источника сигнала $\pm 10^{-3} \%$ и относительной нестабильностью установленного значения частоты источника сигнала $\pm 10^{-6}$;
- 2) динамический диапазон измерения амплитуд с заданной нормируемой погрешностью измерения отношений амплитуд и разности фаз не менее 50 дБ;
- 3) допустимые погрешности измерения:
 - отношения амплитуд в границах ± 2 дБ,
 - разности фаз в границах $\pm 10^\circ$;
- 4) КСВН входов технологических кабелей автоматизированного измерительного комплекса (АИК), обеспечивающих сканирование зонда на площади 1500×1500 мм².

Ввиду использования дополнительных технологических кабелей в измерительной части АИК список поверочных параметров дополнен поверкой уровня мощности на выходе технологического кабеля и измерениями уровня шумов приемника, пересчитанных на вход технологического кабеля.

Б. Разработана методика поверки технических параметров оборудования на базе планарного сканера, обеспечивающая поверку их величин, заявленных изготовителем сканера.

Разработана структурная схема системы дистанционного управления (СДУ) комплектом радиотехнических устройств (КРУ).

Ю. И. Белов, А. Г. Серкин, С. О. Черникова

СДУ состоит из хост-компьютера (типа IBM PC), генератора E8663D, усилителей 30S1G4, 30W1000B и шлюза E5810A. Выходной сигнал генератора подключен ко входу одного из усилителей. Выход используемого в требуемом диапазоне частот усилителя соединен с нагрузкой.

В системе дистанционного управления хост-компьютер связан по сети (интерфейс LAN) со шлюзом E5810A, преобразующим интерфейс LAN в интерфейсы GPIB и RS232 и получает доступ к дистанционному управлению приборами КРУ, установке их параметров и включению/выключению выходного сигнала.

В разработанной схеме расстояние между хост-компьютером и шлюзом может достигать 100 м. Расстояние между шлюзом и приборами (генератором и усилителями) ограничено длиной штатных соединительных кабелей GPIB и не может превышать 4 м.

Разработано специализированное программное обеспечение (СПО) СДУ КРУ, предназначенное для дистанционной установки и изменения основных параметров генератора и усилителя, входящих в состав КРУ, и позволяющее осуществлять запуск и остановку КРУ в штатном режиме и по команде оператора. Все установленные параметры приборов из состава КРУ и параметры эксперимента с комментариями оператора сохраняются в текстовом файле.

Выполнено тестирование СПО СДУ КРУ по следующим разделам:

- проверка теоретически рассчитываемой плотности потока мощности электромагнитного излучения,
- проверка установки параметров генератора E8663D,
- проверка установки усиления усилителей 30S1G4 и 30W1000B,
- проверка установки времени воздействия,
- проверка правильности формирования файла протокола.

СПО СДУ КРУ позволяет автоматизировать процессы управления в дистанционном режиме приборами, входящими в состав КРУ, а также рассчитывать плотность потока мощности с учетом типа и параметров применяемой антенны.

**Результаты,
направленные в Отчет института**

Проведена модернизация измерительного комплекса собственных излучений морской поверхности и атмосферы в ИК-диапазоне для работы в широком диапазоне углов (включая углы меньше 20° от горизонта). Модернизированное опорно-поворотное устройство позволяет позиционировать приемник ИК-излучения в диапазоне углов от 90° (зенит) до -60° от горизонта (включая пригоризонтные углы) с точностью 0.5° . Новое опорно-поворотное устройство позволяет реализовать высокое угловое разрешение приемника инфракрасного излучения Fluke 568 (ширина области видимости приемного устройства (для 90% энергии принимаемого излучения) - 1.2°) при наблюдениях на пригоризонтных углах, что необходимо для реализации метода одновременного получения параметров микропузырькового слоя морской поверхности и ее волнового состояния. Проведена адаптация специального программного обеспечения фирмы Fluke, обеспечивающего управление режимом измерений ИК приемника и передачу данных в ЭВМ, необходимая для реализации нового метода получения параметров морской поверхности..

Отдел №1

В процессе выполнения СЧ ОКР "МИК-Радиофизика-2" созданы методы измерения, алгоритмы и программы обработки процессов в экспериментах на МИК ВНИИЭФ существенно увеличивших число измеряемых параметров и обеспечивших повышение точности и разрешающей способности в определении их величин.

Отдел №1

Усовершенствован и испытан малобазовый навигационный одноканальный радиоинтерферометр, включающий две антенны малого размера и корреляционный радиометр на частоту 400 МГц. В результате:

- Система регистрации интерферометра дополнена программой визуализации прохождений космических аппаратов (КА) в реальном времени, что позволяет проводить отождествление интерференционного отклика с КА и оценивать помеховую ситуацию в процессе наблюдений.
- Разработана и реализована методика автоматического генерирования шаблона для дневника наблюдений с информацией о восходе, кульминации и заходе каждого КА, выбранного для траекторных измерений.
- Разработана и реализована методика расчета данных целеуказаний для КА, выбранных для траекторных измерений
- Разработана единая программа постобработки интерференционного отклика одноканального интерферометра на прохождение КА, позволяющая уточнить направление на КА (относительно вектора базы) по сравнению с данными целеуказаний.
- Разработана эксплуатационная документация на РИСЭ с малыми антеннами при определении координат КА.
- С помощью усовершенствованного радиоинтерферометра в РАО «Старая Пустынь» выполнен цикл измерений угловых координат КА и их постобработка. Испытания подтвердили высокие потенциальные возможности

интерферометрических траекторных определений в случае проведения соответствующей калибровки *инструментальной фазы интерферометра (ИФИ)*. Выполненные измерения показали возможность проведения траекторных измерений в автоматическом режиме, т.е. в отсутствии оператора (например, в течение всей ночи).

Отдел №2

Выработаны предложения для дальнейшего усовершенствования малобазового навигационного радиointерферометра. Приводится перечень планируемых работ:

1. Разработка метода калибровки ИФИ. Исследование эффективности и возможностей реализации вариантов калибровки:
 - 1.1 Калибровка по эталонным КА
 - 1.2 Гибридный (навигационно-радиоастрономический) интерферометр
 - 1.2 Радиотехническая калибровка
 - 1.4 «Самокалибровка» по КА
2. Разработка математической модели РИСЭ с целью отработки методик на основе численных экспериментов.
3. Разработка математической модели отклика интерферометра на основе кеплеровских параметров орбиты (прямая и обратная задачи).
4. Решение задачи восстановления временной зависимости обеих координат с помощью измерений на однобазовом интерферометре.
5. Разработка методики, алгоритма и программы постобработки для двухбазового интерферометра
6. Исследование общих возможностей и ограничений радиointерференционного метода в задаче траекторных определений КА.

Отдел №2

Проведено исследование характеристик межпятенных источников (МПИ) в 29 активных областях на Солнце на основе наблюдений с высоким двумерным пространственным разрешением на радиогелиографах NoRH (17 и 34 ГГц) и SSRT (5.7 ГГц). Выделены три группы МПИ: 1) протяженные МПИ (типа "гало"), проявляющиеся на всех трёх частотах и отличающиеся плоским частотным спектром в диапазоне 17-34 ГГц; 2) компактные МПИ, с приблизительно одинаковым размером на 17 и 34 ГГц и с отрицательным наклоном спектра в диапазоне 17-34 ГГц; 3) МПИ, наблюдаемые только на 17 ГГц. Установлено, что первые две группы связаны с мощными солнечными вспышками, а третья группа характерна для спокойных, не вспышечных активных областей.

Отдел №3

Получено, что распределение гармоник в ограниченном пучке, распространяющемся в воде и находящемся на этапе стабилизации профиля волны, принципиально не монотонно. Особенности в распределении связаны с нечётными гармониками. При проведении экспериментов использовались широкополосные миниатюрные гидрофоны (производитель Precision Acoustics,

Англия), имеющие характерные размеры чувствительных элементов 1, 0.5, 0.2, 0.04 мм. Исследования производились в воде, акустическое поле создавалось плоским излучателем имеющем диаметр апертуры 45 мм, измерения проводились вне зоны дифракции Френеля для данного излучателя. Акустическое давление, создаваемое используемым излучателем, достигает 3 МПа на начальной апертуре при частоте излучения 1 МГц. При этом показано, что достоверные данные о распределении гармоник можно получить лишь до того номера гармоники, длина волны которой больше, характерного размера гидрофона.

Отдел №5

Создана экспериментальная установка для исследования воздействия на массообменные процессы на гетерогенной границе цилиндрически сфокусированным акустическим полем. Для чего были разработаны и изготовлены цилиндрические фокусирующие системы нескольких типов, таких как линзы и концентраторы. Данная система создает фокальную линию значительной протяженности. Экспериментальная установка дополнена акустическим устройством, обеспечивающим деаэрацию иммерсионной среды в акустической ванне в реальном времени эксперимента для устранения влияния воздушных пузырей. Исследованы характеристики пограничных акустических потоков, создаваемых протяжённой фокальной линией выбранного пространственного масштаба на гетерогенной границе. Показана возможность распространения интенсифицирующего акустического воздействия на рост укрупнённой кристаллической грани механическим сканированием протяжённой фокальной линией выбранного пространственного масштаба.

Отдел №5

Созданы оригинальные алгоритмы для обработки пространственно-временных распределений данных радиолокационного зондирования и временных рядов аэрологического зондирования. Создан пакет программ, предназначенных для мультифрактального анализа данных радиолокационного зондирования. Показано, что изменения фрактальных характеристик радиолокационного изображения имеют высокую корреляцию с вариациями интенсивности радарного эха и уровнем грозовой активности. Продолжено построение модели, использующей эффект направленной перколяции на самоаффинном потенциальном рельефе для описания развития разряда молнии в грозовом облаке. На основе развитой модели разработан алгоритм расчета в приближении дальней зоны электромагнитная эмиссия грозового облака в широкой полосе частот. Разработана система сетевого экспресс мониторинга состояния атмосферы.

Отдел №5

На основе анализа данных точечного зондирования интенсивности осадков показано, что интенсивность осадков удовлетворяет скейлинговому закону повторяемости, напоминающему закон повторяемости Гуттенберга-Рихтера для

сейсмических событий. Масштабно инвариантный характер явления выражается в степенном распределении плотности вероятности событий. Такая форма распределения плотности по частоте, свойственная практически всем сложным системам как естественного, так и искусственного происхождения, говорит о возможности в них гигантских флуктуаций, поскольку значительная часть энергии системы связана с очень медленными процессами. Проведенный анализ указывает на невозможность долговременного прогноза, т.к. сколько бы ни накапливалась информация о поведении системы, всегда найдутся важные процессы, которые начинают сказываться на временах, соизмеримых с интервалом наблюдения.

Отдел №5

Для начальной краевой задачи для системы гиперболического типа, порождаемой телеграфным уравнением и нелинейным граничным условием, установлена устойчивость кусочно непрерывно-дифференцируемого решения относительно возмущения граничного условия суммой сингулярного и малого регулярного возмущений. К граничным условиям такого типа приводит расположение на конце линии туннельного диода, индуцированного малой емкостью, если вольтамперная характеристика диода испытывает надлежачие малые возмущения.

Отдел №6

Проведены натурные эксперименты с целью выяснения возможностей использования нелинейных рассеивателей для маркировки линий судового хода береговой линии. При проведении экспериментов применялись субгармонические рассеиватели. Измерения выполнялись в дециметровом диапазоне длин волн и проводились при различных погодных условиях с целью выяснения максимальной дальности обнаружения маркеров и возможности разрешения сигналов от 2х близко расположенных маркеров. В экспериментах, проводимых в условиях спокойной водной поверхности, дальность обнаружения составляла до 600м, над взволнованной поверхностью -300м. В зимних условиях (мокрый снег) до 250м.

Отдел №6

Получены строгие интегральные уравнения для распределении тока вдоль узкой идеально проводящей полосковой антенны (возбуждаемой сторонней ЭДС), размещенной в гиротропной анизотропной среде. Рассмотрены две геометрические конфигурации антенны: 1) полоска свернута в кольцо, 2) прямая металлическая полоска. Антенны расположены в плоскости перпендикулярной направлению оси гиротропии. Построенное решение описывает распределение тока как вдоль, так и поперек поверхности антенны. Исследован входной импеданс антенн.

Отдел №6

Изучены дисперсионные характеристики и структура поля мод свистового диапазона, направляемых радиально неоднородными дактами с пониженной

плотностью в магнитоактивной плазме. Установлено, что дакты с пониженной плотностью могут поддерживать собственные моды двух типов: поверхностные моды (локализованные около границы дакта) и объемные, поля которых имеют объемный характер внутри дакта. Показано, что свойства мод однородного дакта с резкой границей изменяются незначительно при переходе к дакту с "размытой" границей, при условии, что ширина границы больше мелкого, но меньше крупного масштаба поля собственных мод. Проанализировано влияние диссипативных потерь, обусловленных электронными соударениями в плазме на свойства собственных мод. Определены условия, при выполнении которых в столкновительном дакте с пониженной плотностью имеет место селекция мод, проявляющаяся в том, что моды разделяются на слабозатухающие (имеющие геликонную структуру) и сильнозатухающие моды, поля которых определяются мелкомасштабной квазиэлектростатической составляющей.

Отдел №6

Исследована эффективность возбуждения электромагнитных волн заданным импульсным кольцевым электрическим током в однородной магнитоактивной плазме.

Проанализировано распределение излучаемой мощности по частотному и пространственному спектрам. Установлено, что если характерная частота, отвечающая за длительность импульса по времени принадлежит свистовому диапазону частот, основной вклад в энергию излучения вносит интервал частот, отвечающий резонансной области свистового диапазона.

Отдел №6

В марте и августе были проведены эксперименты по зондированию ВО ионосферы сигналами GPS и ГЛОНАСС. Особенностью этих экспериментов явилось то, что было развёрнуто 8 пунктов для приёма сигналов GPS и ГЛОНАСС, причём один из них — в точке пересечения с поверхностью Земли магнитной силовой линии, проходящей через центр ВО ионосферы. Измерения позволили провести сравнение эффектов, наблюдающихся в дневной и ночной ионосфере, а также их особенности при приёме сигнала на трассе, проходящей через магнитный зенит. Многопозиционность приёма позволяет также более полно исследовать пространственную структуру вариаций плотности плазмы по ВО ионосферы. Показано, что наиболее интенсивные крупномасштабные неоднородности плотности плазмы возбуждаются на южном краю диаграммы направленности излучения ВН, отражая влияние на их возбуждение эффекта магнитного зенита, и что вариации в ПЭС в дневные часы измерений были в 3 – 5 раз меньше, чем в вечерние часы, показывая как уменьшение, так и увеличение величины ПЭС, в то время как в ночных условиях наблюдается преимущественное уменьшение ПЭС во время нагрева ионосферы. Получен большой объём экспериментальных данных, который в настоящее время обрабатывается.

Отдел №8

По измерениям над стендом Сура был получен большой объём экспериментальных данных, подтвердивший возможность при выполнении определенных условий формирования дактов с положительной плотностью плазмы во внешней ионосфере Земли при нагреве её F2-области мощной радиоволной O-поляризации. Проведено более 30 сеансов измерений, когда ИСЗ находился в магнитоспрямленной к стенду Сура точке. В ряде сеансов обнаружены вариации плотности и температуры плазмы, которые могут носить искусственный характер. На основании результатов обработки ранее полученных экспериментальных данных показана возможность управляемого возбуждения магнитосферного мазера путем формирования мощным КВ радиоизлучением с поверхности Земли искусственных дактов плотности. Искусственные волновые каналы (дакты плотности) позволяют влиять на резонаторную систему мазера, процессы возбуждения и распространения низкочастотных электромагнитных волн в возмущенной магнитной силовой трубке.

Отдел №8

Разработаны опытные образцы следующих видов оборудования:

Установка УМС-1ШК термозвуковой микросварки сварки Au проволоки методом «шарик-клин» диаметром 20-40 мкм.

В установку дополнительно введены новые технологические возможности.

- Автоматическая подстройка резонансной частоты перед каждой сваркой, программирование амплитуды УЗ колебаний и диагностирование акустической системы.
- Программирование до 100 технологических параметров: высота, длина, угол наклона переключки и т. д.
- Установка позволяет производить сварку на облуженную поверхность с помощью конденсаторной сварки, при этом «пробоя» кристалла не происходит, т.к. источник питания изолирован от «ЗЕМЛИ».
- Оплавление шарика по схеме: (-) на электроде (+) на проволоке. Данная схема позволяет стабилизировать образование и программировать размер шарика.
- Дополнительное закрепление второй сварки (клин) шариком обеспечивает равнопрочное сварное соединение на первой и второй сварках.

Вышеуказанные новые технологические возможности установки позволяют повысить качество собираемых изделий электронной техники, что позволит увеличить выход годных приборов на 6%, а также расширить номенклатуру собираемых изделий.

Установка УМС-ЗКП термокомпрессионной сварки расщепленным электродом.

В установку встроены микроманипулятор с передаточным отношением 8:1, что позволяет повысить точность позиционирования свариваемых деталей и улучшает работу оператора, а также повысить производительность на 25%.

Источник тока сварки пайки ИТСП-2 с дополнительным блоком конденсаторной сварки

Блок ИТСП-2 предназначен для присоединения проволочных и плоских проводников из Au;Ag;Cu методом сварки и пайки с помощью термокарандашей к элементам плёночных и гибридных микросхем.

Вновь разработанный блок конденсаторной сварки позволяет приваривать методом конденсаторной сварки плоские золотые, медные проводники к контактным площадкам микросборок.

Новые технологические возможности конденсаторного блока заключаются в том, что через пульт источника тока можно программировать форму импульса сварочного тока.

При обычной конденсаторной сварке могут появляться выплески свариваемых материалов из-за максимального ввода энергии в первый момент сварки. Время сварки составляет 30 микросекунд, а в случае программирования сварочного импульса импульс растягивается по времени до 1 мс и тем самым ввод энергии в зону сварки становится равномерным, что исключает выплески.

Это позволило повысить выход годных изделий на данной операции на 10 %.

Отдел №11

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1 Результаты, полученные в 2009 году.....	8
1.1 Результаты, направленные в Научный совет по астрономии при отделении Физических наук РАН	9
1.2 Результаты, направленные в Научный совет по распространению радиоволн при отделении Физических наук РАН	21
1.3 Результаты, направленные в Научный совет по научному приборостроению при Президиуме РАН	29
1.4 Результаты, направленные в Научные советы РАН и в Отчет института	34
2. Результаты, полученные в 2010 году.....	49
2.1 Результаты, направленные в Годичный отчет РАН	50
2.2 Результаты, направленные в Научный совет по астрономии при отделении Физических наук РАН	62
2.3 Результаты, направленные в Научный совет по распространению радиоволн при отделении Физических наук РАН	78
2.4 Результаты, направленные в Научный совет РАН по акустике	102
2.5 Результаты, направленные в Научный совет по научному приборостроению при Президиуме РАН	106
2.6 Результаты, направленные в Отчет института.....	109

РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ФГНУ НИРФИ
ЗА 2009 – 2010 ГОДЫ

Оригинал-макет подготовлен
в отделе Методов обработки научной информации ФГНУ НИРФИ

Подписано в печать 08.04.11. Формат 60x84/16
Бумага писчая. Объем 6,98 усл.п.л.
Тираж 50. Заказ 5603

Отпечатано в ФГНУ НИРФИ.
603950 Н.Новгород, ул. Б.Печерская, 25/12а